

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«Κατανάλωση τροφής και προσδιορισμός επιπέδου διατροφής
στο διακοσμητικό ψάρι αγγελόψαρο (*Pterophyllum scalare*)»**

ΠΙΕΡ ΨΩΦΑΚΗΣ

Βόλος 2012

**«Κατανάλωση τροφής και προσδιορισμός επιπέδου διατροφής
στο διακοσμητικό ψάρι αγγελόψαρο (*Pterophyllum scalare*)»**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1) Ελένη Μεντέ, Επίκουρη Καθηγήτρια, Φυσιολογία Θρέψης Υδρόβιων Ζωϊκών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Επιβλέπουσα***,

2) Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης, Λέκτορας, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, ***Μέλος***,

3) Ιωάννης Νέγκας, Ερευνητής Α, Διατροφή Ιχθύων, Ινστιτούτο Υδατοκαλλιεργειών, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, ***Μέλος***.

Στους γονείς μου

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους αυτούς τους ανθρώπους που συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Επιβλέπουσα της εργασίας αυτής, κ. Ελένη Μεντέ, για την πολύτιμη βοήθειά της και τη διαρκή υποστήριξή της, καθώς και τα μέλη της εξεταστικής επιτροπής που, αποτελείται από τους κ. Ιωάννη Καραπαναγιωτίδη και κ. Ιωάννη Νέγκα, για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον κ. Νικόλαο Βλάχο, υποψήφιο Διδάκτορα του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την άμεση και ανιδιοτελή βοήθειά του, όσον αφορά στην προμήθεια ψαριών και εργαστηριακού εξοπλισμού, καθώς και για τις χρήσιμες και εποικοδομητικές συμβουλές που μου παρείχε κατά τη διάρκεια της συγγραφής της εργασίας μου και της εκπόνησης της πειραματικής διαδικασίας.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η κατανάλωση τροφής και η επιβίωση του αγγελόψαρου, *Pterophyllum scalare*, σε συνθήκες εργαστηρίου. Είναι η πρώτη μελέτη που εξετάζει ατομικά και σε διαφορετικά τροφικά επίπεδα την κατανάλωση της τροφής του αγγελόψαρου. Χρησιμοποιήθηκαν 36 αγγελόψαρα μέσου σωματικού βάρους $1,44 \pm 0,28$ g (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση) και μέσου μήκους $3,26 \pm 0,38$ cm (μέσος όρος \pm τυπική απόκλιση), τα οποία τοποθετήθηκαν σε ατομικά κλουβιά ανά εννέα άτομα, σε συνολικά τέσσερα γυάλινα ενυδρεία χωρητικότητας 125 L το καθένα. Η πειραματική διαδικασία διήρκησε 30 ημέρες. Τα αγγελόψαρα χωρίστηκαν σε δύο διατροφικές ομάδες, με δεκαοκτώ άτομα σε κάθε ομάδα. Ταϊστήκαν με εμπορικό σιτηρέσιο (νιφάδες και κατεψυγμένη τροφή αποτελούμενη από Krill, πλαγκτόν, γαρίδες και σκουλήκι), ενώ το προσφερόμενο επίπεδο διατροφής που χρησιμοποιήθηκε ήταν 4% και 10% του μέσου ζώντος βάρους σώματος.

Η επιβίωση των ψαριών σε όλα τα πειραματικά ενυδρεία ήταν 100%. Η αύξηση βάρους (WG, g) και ο ημερήσιος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR, %/ημέρα), ήταν υψηλότεροι όταν τα ψάρια τράφηκαν με 10% του ζώντος βάρους τους (μέση τιμή ίση με $0,42 \pm 0,37$ (g), και $0,78 \pm 0,57$ (%/ημέρα), αντίστοιχα, παρουσιάζοντας σημαντικές στατιστικά διαφοροποιήσεις (t-test, $p < 0,05$) σε σχέση με τα ψάρια που τράφηκαν με 4% του ζώντος βάρους τους, που εμφάνισαν χαμηλή αύξηση βάρους (WG, g) ίση με $0,18 \pm 0,31$ (g) και χαμηλό ειδικό ρυθμό ανάπτυξης με μέση τιμή ίση με $0,33 \pm 0,71$ % / ημέρα.

Η μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής υπολογίστηκε στο $0,012 \pm 0,006$ % επί του σωματικού βάρους, όταν το προσφερόμενο επίπεδο διατροφής ήταν 4% του ζώντος βάρους ψαριού. Αντίστοιχα, όταν το προσφερόμενο επίπεδο διατροφής ήταν

10% του ζώντος βάρους, η μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής ήταν $0,055 \pm 0,02\%$. Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) παρουσιάζει υψηλότερη μέση τιμή ίση με $0,91 \pm 1,09$ στην ομάδα που χορηγήθηκε 10% του μέσου ζώντος βάρους ψαριού σε σχέση με την ομάδα που χορηγήθηκε 4%, όπου η μέση τιμή ήταν ίση με $0,54 \pm 4,10$. Παράλληλα ο συντελεστής αποδόσεως της τροφής στην ομάδα που ταΐστηκε με 4% του μέσου ζώντος βάρους ψαριού ήταν $0,39 \pm 0,70$ (g). Αντίστοιχα, στην ομάδα του 10%, ήταν $0,31 \pm 0,39$ (g). Από τα 18 ψάρια στο επίπεδο διατροφής 4%, την καλύτερη ανάπτυξη και κατανάλωση της τροφής επέδειξαν 4 άτομα, τα οποία ήταν το A4, A7, A8 και B9. Ενώ από τα 18 ψάρια του επιπέδου διατροφής 10% την καλύτερη ανάπτυξη και κατανάλωση τροφής επέδειξαν 6 άτομα, τα οποία ήταν το Γ1, Γ5, Γ6, Γ8, Δ1 και Δ8.

Σε όλα τα αγγελόψαρα η ημερήσια κατανάλωση τροφής παρουσίασε αυξομειώσεις. Στο επίπεδο διατροφής 4% τα ψάρια που κατανάλωναν όλη την παρεχόμενη τροφή ήταν 4, όλο το διάστημα του πειράματος. Στο επίπεδο διατροφής 10% τις πρώτες 15 ημέρες του πειράματος τα ψάρια που επέδειξαν καλύτερη κατανάλωση της τροφής ήταν το Γ8, Δ2, Δ7 και Δ8. Αντίστοιχα από την 15^η μέρα έως το τέλος του πειράματος τα περισσότερα ψάρια που επιδείκνυαν την καλύτερη κατανάλωση τροφής ήταν το Γ1, Γ2, Γ5, Γ6, Γ8, Δ1 και Δ8.

Οι χημικές αναλύσεις στο μυϊκό ιστό των ψαριών δεν έδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα ποσοστά των τιμών σε επίπεδο διατροφής 4% και 10%, αντίστοιχα. Το ποσοστό της πρωτεΐνης στο μυϊκό ιστό του ψαριού σε επίπεδο διατροφής 4% ήταν $17,13 \pm 0,4\%$ και στο 10% ήταν $16,86 \pm 0,08\%$. Το ποσοστό του λίπους στο επίπεδο διατροφής 4% ήταν $3,27 \pm 0,09\%$ και στο 10% ήταν $3,88 \pm 0,02\%$.

Σημαντικό είναι να σημειωθεί ότι στην παρούσα ερευνητική εργασία παρατηρήθηκε μεγάλη ποικιλομορφία στα αποτελέσματα μεταξύ των ατόμων σε κάθε

διατροφικό επίπεδο και αυτό οφείλονταν στο ότι ορισμένα άτομα δεν έτρωγαν την παρεχόμενη τροφή. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της παρούσας εργασίας έδειξαν ότι η σίτιση με υψηλό επίπεδο διατροφής 10% ανταποκρίνεται κατά μέσο όρο σε καλύτερο ρυθμό ανάπτυξης και κατανάλωση τροφής σε σχέση με τη σίτιση του 4% επιπέδου διατροφής. Εντούτοις, σε επίπεδο διατροφής 10% γίνεται αλόγιστη χρήση της τροφής, η οποία σε ένα επίπεδο διατροφής της τάξης του 4% και πάνω μπορεί να δώσει ικανοποιητική αύξηση του σωματικού τους βάρους, καθώς και καθαρότερο σύστημα (αφού καταναλώνεται σχεδόν όλη η τροφή) και μεγαλύτερη οικονομία στα έξοδα των τροφών.

Λέξεις κλειδιά: *Pterophyllum scalare*, διατροφή, επίπεδο διατροφής, κατανάλωση τροφής, ειδικός ρυθμός ανάπτυξης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.1. Παραγωγή, εμπόριο και marketing των διακοσμητικών ψαριών.....	1
1.2. Βιολογία του είδους <i>Pterophyllum scalare</i>	3
1.2.2. Βιολογία του αγγελόψαρου (<i>P. scalare</i>).....	4
1.2.3. Γονική φροντίδα.....	8
1.3. Διατροφή του αγγελόψαρου <i>P. scalare</i>	12
1.4. Σκοπός της έρευνας	15
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	16
2.1. Προμήθεια πειραματόζων.....	16
2.2. Συνθήκες εκτροφής.....	18
2.3. Σιτηρέσιο και χορήγηση τροφής.....	22
2.4. Μέτρηση μορφομετρικών χαρακτηριστικών	23
2.5. Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων	23
2.5.1. Προσδιορισμός ολικής αμμωνίας-αζώτου (T.A.N.), νιτρωδών (NO ₂ ⁻), και νιτρικών (NO ₃ ⁻) ιόντων	24
2.6. Υπολογισμός κατανάλωσης τροφής	26
2.7. Χημικές αναλύσεις.....	29
2.7.1. Προσδιορισμός υγρασίας	29
2.7.2. Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων	30
2.7.3. Προσδιορισμός ολικών λιπιδίων.....	32
2.7.4 Προσδιορισμός τέφρας.....	34
2.8. Παράμετροι ανάπτυξης των ιχθύων και αξιοποίησης τροφών.....	34

2.9. Στατιστική επεξεργασία	36
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	38
3.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά νερού	38
3.2 Παράμετροι ανάπτυξης των ιχθύων και επιβίωση.....	39
3.2.1 Επιβίωση.....	39
3.2.2. Βάρος και μήκος σώματος.....	39
3.2.3. Αύξηση ζώντος βάρους και ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR% / ημέρα).....	40
3.3. Κατανάλωση τροφής και παράμετροι αξιοποίησής της.....	41
3.3.1. Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής	41
3.3.2. Κατανάλωση της τροφής.....	43
3.3.3. Δείκτες εκμετάλλευσης των συστατικών της τροφής.....	52
3.4. Θρεπτική σύσταση του σώματος.....	52
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	54
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	60
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	63
7. ABSTRACT	69
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	70

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Παραγωγή, εμπόριο και marketing των διακοσμητικών ψαριών

Η παραγωγή και εμπορία των διακοσμητικών ψαριών κατέχει μια σημαντική και εξέχουσα θέση στο παγκόσμιο εμπόριο των ενυδρείων, με αποτέλεσμα η ζήτησή τους ολοένα να αυξάνεται προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες της αγοράς σε παγκόσμιο επίπεδο (Monteiro-Neto *et al.* 2003, Raja 2009).

Τα διακοσμητικά είδη αλμυρού και γλυκού νερού (ψάρια, κοράλλια, ζωντανός βράχος) συλλέγονται κυρίως από τη Νοτιοανατολική Ασία, αλλά και από κράτη που βρίσκονται στον Ινδικό, Ειρηνικό και Ατλαντικό Ωκεανό με προορισμό τις αγορές κυρίως των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής (Η.Π.Α), της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε.Ε) και σε μικρότερο βαθμό της Ιαπωνίας (Wabnitz & Taylor 2003).

Λόγω της αυξανόμενης ζήτησης των διακοσμητικών ψαριών και προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες της αγοράς, αναπτύχθηκαν τεχνικές εκτροφής σε ελεγχόμενες συνθήκες, με στόχο την παραγωγή ατόμων με χαρακτηριστικά τα οποία θα αυξάνουν την εμπορευσιμότητα του αγγελόψαρου (Βλάχος 2008).

Η ελεγχόμενη αναπαραγωγή οδήγησε στην αύξηση της παραγωγής των διακοσμητικών ψαριών, με αποτέλεσμα αρχικά να μειωθεί η παράνομη αλιεία άγριων ειδών από το περιβάλλον. Στην πορεία των χρόνων, η εμπορική αξία των διακοσμητικών ψαριών άρχισε να αυξάνεται, με αποτέλεσμα οι τιμές τους να καθορίζονται από το σχήμα και το χρώμα των ψαριών, τη ζήτηση και την εμπορευσιμότητά τους (Axelrod & Sweeney 1992).

Το αγγελόψαρο (*Pterophyllum scalare*), ο δίσκος (*Symphysodon aequifasciatus*), το χρυσόψαρο (*Carassius auratus*), το όσκαρ (*Astronomus ocelatus*), η κιχλιδόζεμπρα (*Archocentrus nigrofasciatus*), η κιφοτιλάπια (*Cyphotilapia frontosa*), το ψάρι κλόουν (*Amphiprion percula*), το αυτοκρατορικό αγγελόψαρο

(*Pomacanthous imperator*), το ψάρι κλόουν του γλυκού νερού (*Botia macracanthus*), το γκάπι (*Poecilia reticulata*), είναι μερικά είδη ψαριών με αυξημένη εμπορική αξία και ζήτηση στην παγκόσμια βιομηχανία των διακοσμητικών ψαριών (Scott 1988, Axelrod & Sweeney 1992, Verhoef-Verhallen 2003, Sandford 2004, Garcia-Ulloa & Gomez-Romero 2005, Maitre-Allain & Piednoir 2009, Barley & Coleman 2010).

Το εμπόριο των διακοσμητικών ψαριών παγκοσμίως, προϋποθέτει την ανάπτυξη δομών για τα κράτη που στηρίζονται κυρίως στις εξαγωγές των διακοσμητικών ψαριών. Η εμπορική δομή ακολουθεί την παρακάτω σειρά: αλιείς-ψαράδες, χονδρέμποροι, μεσάζοντες και εξαγωγείς. Στα κράτη που στηρίζονται κυρίως στις εισαγωγές διακοσμητικών ψαριών και όχι στην πρωτογενή παραγωγή τους, οι εμπορικές δομές οργανώνονται με την εξής σειρά: χονδρέμποροι και λιανοπωλητές (Βλάχος 2008).

Τα διακοσμητικά ψάρια πωλούνται από τους αλιείς, τους παραγωγούς και τους διαμεσολαβητές ή χονδρέμπορους, σε τοπικά δίκτυα ή σε εμπορικά δίκτυα άλλων χωρών. Τέλος, τα προϊόντα ενυδρείων, όπως για παράδειγμα φίλτρα, υποστρώματα, υδρόβια φυτά, φωτιστικά, θερμοστάτες κ.ά. συμπεριλαμβανομένων και των ψαριών, καταλήγουν να πωλούνται από εμπόρους λιανικής (Ferraz 1995, Cheong 1996) με αύξηση της τιμής των ψαριών, ενώ το αντίτιμο καταβάλλεται από τους αγοραστές, μέσω ειδικών καταστημάτων (pet shops).

Η μεταφορά των ψαριών πραγματοποιείται σε ειδικές σακούλες με νερό, τοποθετημένες σε ειδικά δοχεία από φελιζόλ, ώστε να μη μεταβάλλεται η θερμοκρασία και να μην αυξάνεται η αμμωνία στο νερό (Βλάχος 2008). Η προώθηση και διακίνηση του εμπορίου των διακοσμητικών ψαριών γίνεται μέσω της διαφήμισης.

Το marketing για την προώθηση των ψαριών στην αγορά έχει βοηθήσει τα μέγιστα το συγκεκριμένο τομέα. Διαφημίσεις, κινηματογραφικές ταινίες όπως η

ομώνυμη ταινία «Ψάχνοντας τον Νέμο»- παιχνίδια και άλλες μορφές προώθησης προϊόντων, προσέδωσαν μια δυναμική πνοή αποδεικνύοντας ότι είναι ένας τομέας ενεργός και κερδοφόρος. Η αξία των εξαγωγών των ΗΠΑ είναι λίγο μικρότερη των 200 εκατ. ευρώ (Kpor & Moorhead 2012). Μεταξύ των 100 ή περισσότερων χωρών που είναι γνωστές ότι εμπλέκονται στην εξαγωγή διακοσμητικών ψαριών, 11 κατέχουν λίγο περισσότερο του 75% της συνολικής αξίας των εξαγωγών με τις ασιατικές χώρες να κυριαρχούν. Η Σιγκαπούρη για παράδειγμα, κατέχει περίπου το 24% της συνολικής αξίας των εξαγωγών, ακολουθούμενη από το Χονγκ Κονγκ, με 9,4%, την Ινδονησία με 7,0% και με τη Μαλαισία 6,3% (Olivier 2003).

1.2 Βιολογία του είδους (*Pterophyllum scalare*)

1.2.1 Μορφολογικά χαρακτηριστικά - περιγραφή

Το αγγελόψαρο είναι φιλήσυχο και κολυμπά σε όλο το βάθος της στήλης του νερού, ενώ γίνεται επιθετικό κατά τη διάρκεια του ζευγαρώματος και όταν προστατεύει την φωλιά με τα αυγά. Το σώμα του είναι πλευρικά πεπλατυσμένο, σχεδόν δισκοειδές με μεγάλο ύψος (Εικ.1). Το χρώμα του είναι ασημένιο με μαύρες κάθετες λωρίδες που επεκτείνονται στο ραχιαίο και στο εδρικό πτερύγιο. Το στόμα του είναι τελικό, ελαφρά προεκτεινόμενο (Moyle & Cech 2000, Verhoef-Verhallen 2003, Βλάχος 2008). Οι οφθαλμοί έχουν ερυθρό χρώμα, ενώ από τους οφθαλμούς διέρχεται η πρώτη κάθετη σκούρα λωρίδα.



Εικόνα 1: Μορφολογικά χαρακτηριστικά του αγγελόψαρου (Πηγή: www.fishbase.org)

Τα θωρακικά πτερύγια φτάνουν σε μήκος το 1/3 του μεσουραίου μήκους και είναι πολύ λεπτά σε πάχος. Το ραχιαίο πτερύγιο έχει μεγάλο ύψος και είναι τριγωνικό. Το μήκος του ραχιαίου πτερυγίου φτάνει όσο και το μεσουραίο μήκος του ψαριού. Το εδρικό πτερύγιο ξεκινάει μετά την έδρα, αρχίζει με κοντές σκληρές οξύλικτες ακτίνες, ενώ το ύψος του αυξάνεται διαδοχικά καθώς ακολουθούν οι μαλακές ακτίνες (Βλάχος 2008, Maitre-Allain & Piednoir 2009).

Το ύψος του εδρικού πτερυγίου αυξάνει διαδοχικά προς το τέλος της ουράς. Οι απολήξεις του ουραίου πτερυγίου σχηματίζουν λεπτές φυλλώδεις προεξοχές που μπορούν να φτάσουν τρεις φορές το κανονικό μήκος του πτερυγίου. Η πλευρική γραμμή διαγράφει μια καμπύλη γραμμή προς το μέγιστο ύψος του σώματος. Τα λέπια είναι μικρά και κτενοειδή (Βλάχος 2008).

1.2.2 Βιολογία του αγγελόψαρου (*Pterophyllum scalare*)

Τα μέλη της οικογένειας Cichlidae είναι γονοχωριστικά και στις περισσότερες περιπτώσεις ο διαχωρισμός του φύλου είναι μια εύκολη διαδικασία, η οποία στηρίζεται κυρίως στα εξωτερικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν (Βλάχος 2008).

Το αγγελόψαρο, *Pterophyllum scalare* (Cichlidae), είναι ενδημικό είδος της Νότιου Αμερικής, ενώ η αναπαραγωγή του χαρακτηρίζεται σύγχρονη, εξαιτίας της

διαρκούς ωοτοκίας. Το θηλυκό εναποθέτει τα αυγά σε κατάλληλο υπόστρωμα (φυτά, ρίζες δέντρων, πλαστικά, κωνοειδή κεραμικά υλικά) και το αρσενικό τα γονιμοποιεί (Degani & Yehuda 1996, Cahco *et al.* 2007).

Το αγγελόψαρο χαρακτηρίζεται από μια μακρά περίοδο ωοτοκίας και αναπαραγωγικής δραστηριότητας (Degani & Yehuda 1996), ενώ σε σύγκριση με τα άλλα είδη ψαριών της ίδιας οικογένειας παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον εξαιτίας της εμπορικής του αξίας, καθώς διατίθεται στο εμπόριο παγκοσμίως σε ερασιτέχνες ενυδρειολόγους (Vlachos *et al.* 2008).

Η στρατηγική που αναπτύσσουν τα ψάρια κατά την περίοδο της αναπαραγωγής έχει γίνει αντικείμενο πολλών μελετών. Τα αποτελέσματά τους καταδεικνύουν την επίδραση τόσο των περιβαλλοντικών παραγόντων όσο και των βιοτόπων, όπου διενεργείται η αναπαραγωγή, (όπως για παράδειγμα στην Αφρική) (Munro *et al.* 1990).

Για παράδειγμα, η περίοδος αναπαραγωγής των περισσότερων διακοσμητικών ψαριών συμπίπτει με την περίοδο των βροχοπτώσεων και την αύξηση της στάθμης της κοίτης των ποταμών στα οποία διαβιούν τα περισσότερα ψάρια της Κεντρικής και Νοτίου Αμερικής και της Αφρικής (Munro *et al.* 1990, Paugy 2002, Crampton 2008). Αντιθέτως, τα διακοσμητικά ψάρια που διαβιούν σε βιότοπους ανά την υφήλιο, οι οποίοι χαρακτηρίζονται σταθεροί, χωρίς την παρουσία ισχυρών ρευμάτων, χαρακτηρίζονται από εκτεταμένη αναπαραγωγική περίοδο (Alkins-Koo 2000). Σύμφωνα με τον Winemiller (1989), οι στρατηγικές των ψαριών των νεοτροπικών περιοχών διακρίνονται σε ψάρια που αναπαράγονται κάτω από ειδικές συνθήκες, ψάρια που αναπαράγονται εποχιακά και ψάρια που αναπαράγονται με αδιάσπαστη ακολουθία (ισορροπία). Ως νεοτροπικά χαρακτηρίζονται τα τροπικά ψάρια που προέρχονται από περιοχές της Κεντρικής και Νοτίου Αμερικής (James & Reis 2011).

Ο Paugy (2002) μελέτησε τις στρατηγικές που αναπτύσσουν κατά την αναπαραγωγή τους 18 είδη ψαριών γλυκού νερού, τα οποία προέρχονται από περιοχές της Αφρικής. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι τα είδη ταξινομούνται με βάση δυο τύπους αναπαραγωγής. Ο πρώτος τύπος αναφέρεται στα ψάρια που χαρακτηρίζονται από μικρό κύκλο ωοτοκίας (απελευθερώνοντας πολλά αυγά την περίοδο των πλημμυρών) και ο δεύτερος αναφέρεται στα ψάρια που εμφανίζουν τμηματική αναπαραγωγική ικανότητα όπου αναπαράγονται για όλο το έτος. Η ανάπτυξη των ωοκυττάρων στους τελεόστεους οργανισμούς όπως και στα σπονδυλωτά, ρυθμίζεται από ορμόνες με έκχυση γοναδοτροπίνης I (GTH I). Το ίδιο εφαρμόζεται στο αγγελόψαρο για να παράγει περισσότερα αυγά σε μικρότερο χρονικό διάστημα (Zohar *et al.* 1982, Degani 1990). Η αναπαραγωγική και γονική συμπεριφορά του αγγελόψαρου, περιγράφηκε από τους Chien & Salmon (1972), ενώ τα ποιοτικά χαρακτηριστικά της αναπαραγωγής μελετήθηκαν από τον Bergman (1986). Τα οιστρογόνα που παράγονται στην ωοθήκη και κυρίως η δράση της 17β-οιστραδιόλης καθορίζει το ρυθμό και τη σύνθεση και αύξηση της λεκιθικής μάζας του ωοκυττάρου, ενώ η σύνθεση της 17α, 20β –διυδροξυ-4-πρεγνεν-3-όνης, η οποία ελέγχεται από τη δράση των γοναδοτροπίνων ορμονών, καθορίζει την ωρίμανση του ωοκυττάρου και την ωοθυλακιορρηξία (Suzuki *et al.* 1981, Patino & Thomas 1990, Scott *et al.* 1992).

Η διάρκεια του μέσου κύκλου της ωογένεσης του αγγελόψαρου, είναι 11 ημέρες, κατά τη διάρκεια των οποίων το ωοκύτταρο διέρχεται από το στάδιο των λεκιθικών κυστιδίων, σφαιριδίων και κοκκίων, την ωρίμανση και την ωοθυλακιορρηξία. Η διάρκεια της ωοτοκίας και το ποσοστό εκκολασιμότητας επηρεάζονται από την ηλικία των ψαριών και τις περιβαλλοντικές συνθήκες (Degani & Yesuda 1996).

Έχει παρατηρηθεί, για παράδειγμα, ότι τα ποσοστά εκκολασιμότητας των αυγών αυξάνονται όταν τα ψάρια τρέφονται με προνύμφες κουνουπιών και μειώνονται όταν τα ψάρια τρέφονται με ιχθυάλευρα (Degani & Yesuda 1996). Οι Degani & Yesuda (1996) στην έρευνά τους αναφέρουν την επίδραση διαφορετικών τύπων σιτηρεσίου στην ποιότητα των αυγών του τροπικού αγγελόψαρου. Τα αποτελέσματα της μελέτης τους έδειξαν ότι το μέσο χρονικό διάστημα μεταξύ των ωοτοκιών ήταν μικρότερο όταν τα ψάρια τρέφονται με προνύμφες κουνουπιών (58% περιεχόμενη πρωτεΐνη), σε σχέση με εκείνα που τρέφονται με καρδιακό μυϊκό ιστό (79% περιεχόμενη πρωτεΐνη) και μεγαλύτερο όταν τα ψάρια τρέφονται με ιχθυάλευρα με 57% πρωτεΐνη.

Στο *Pterophyllum scalare* τα δύο φύλα (αρσενικό και θηλυκό) διαχωρίζονται με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά (σχήμα, χρώμα, μέγεθος), με βάση τα κριτήρια συμπεριφοράς που αναπτύσσουν οι γεννήτορες κατά την αναπαραγωγή (επιθετικότητα, ερωτοτροπία) και με βάση την προεκβολή της έδρας (Swann 1992, Cacho *et al.* 2005, Vlachos *et al.* 2008)

Βιβλιογραφικά δεδομένα υποστηρίζουν ότι τα αρσενικά άτομα σε ώριμη ηλικία (περίπου 10-12 μήνες) και σε μήκος 15-20 cm, είναι πιο εύρωστα λόγω των μεγαλύτερων σωματικών διαστάσεων από τα θηλυκά της ίδιας ηλικίας, ενώ στα θηλυκά η κοιλιακή περιοχή είναι περισσότερο διογκωμένη σε σχέση με τα αρσενικά (Swann 1992, Βλάχος και συν. 2000, Χώτος και Βλάχος 2004, Cacho *et al.* 2005, Cacho *et al.* 2006, Vlachos *et al.* 2008, El Balaa 2009).

Ο πιο ασφαλής τρόπος διαχωρισμού των φύλων είναι η παρατήρηση της προέκτασης του γεννητικού πόρου, ο οποίος φθάνει σε μήκος περίπου τα 3-5 mm στα θηλυκά. Στα αρσενικά η προέκταση της έδρας είναι μυτερή, ενώ στα θηλυκά η προέκταση είναι κυλινδρική (Βλάχος και συν. 2000, Χώτος και Βλάχος 2004). Το μέγεθος της προέκτασης του γεννητικού πόρου είναι μεγαλύτερο στα θηλυκά απ'

ό,τι στα αρσενικά και εμφανίζεται μόνο κατά την περίοδο του ζευγαρώματος και μερικές ημέρες νωρίτερα (συνήθως 1-3 ημέρες πριν την ωοτοκία) (Swann 1992, Βλάχος και συν. 2000, Χώτος και Βλάχος 2004, Cacho *et al.* 2005, Cacho *et al.* 2006, Vlachos *et al.* 2008, El Balaa 2009).

1.2.3 Γονική φροντίδα

Τα μέλη της οικογένειας Cichlidae χαρακτηρίζονται από γονική φροντίδα, η οποία περιλαμβάνει όλες τις ενέργειες και δράσεις και διαρκεί από τη στιγμή που αρχίζει η επώαση των γονιμοποιημένων αυγών έως τη στιγμή που τα νεαρά ιχθύδια αρχίζουν να τρέφονται εξωγενώς (Gross & Sargent 1985).

Τα περισσότερα ψάρια που εναποθέτουν τα αυγά τους σε κατάλληλο υπόστρωμα όπως φυτά, ξύλα και γενικότερα σε λείες επιφάνειες, τα αερίζουν μέσω της συνεχόμενης κίνησης των θωρακικών, κοιλιακών, εδρικού και ουραίου πτερυγίου πάνω από τη μάζα των αυγών ή των νεαρών ιχθυδίων, απομακρύνοντας την εναπόθεση ιζημάτων (Blumer 1979). Παρατηρήσεις σε ό,τι αφορά στη φροντίδα του είδους *Etroplus maculatus* έδειξαν ότι επιδεικνύει δυο διαφορετικούς τρόπους αερισμού των επωαζόμενων αυγών: τον ενεργητικό, όπου ο γεννήτορας κινεί τα πτερύγιά του ώστε να κατευθύνει ρεύματα νερού προς τα αυγά για τον αερισμό τους και τον παθητικό, όπου ο γεννήτορας επιλέγει κατάλληλη θέση που χαρακτηρίζεται από ισχυρότερη ρευμάτωση, χωρίς να επιδεικνύει κάποια άλλη συμπεριφορά.

Η γονική φροντίδα διακρίνεται στην στοματική επώαση (π.χ. τιλάπια), στην επώαση σε υπόστρωμα (αγγελόψαρα) και σε συνδυασμό των δύο (π.χ. αφρικάνες (*Melanochromis*, *Labidochromis*)) (Breder & Rosen 1966). Στα είδη των ψαριών που κάνουν στοματική επώαση, τα αυγά «κρατούνται» στο στόμα συνήθως από το θηλυκό και για διάστημα περίπου δύο έως τριών εβδομάδων. Η σχέση μεταξύ του

αρσενικού και του θηλυκού γεννήτορα ολοκληρώνεται μετά την ωοτοκία και ο θηλυκός γεννήτορας φροντίζει για τα νεαρά και αναπτυσσόμενα ιχθύδια (Fryer & Iles 1972). Σε μερικά είδη, αρσενικό και θηλυκό φροντίζουν τα νεαρά ιχθύδια και τουλάχιστον στο είδος *Sarotherodon melanotheron* (*Tilapia macrocephala*) η στοματική επώαση πραγματοποιείται από τον αρσενικό γεννήτορα (Smith-Grayton & Keenleyside 1978).

Στα είδη των ψαριών, όπου η επώαση πραγματοποιείται σε υπόστρωμα, το αρσενικό και το θηλυκό αναπτύσσουν έναν μονογαμικό δεσμό, όπως για παράδειγμα συμβαίνει στο αγγελόψαρο και στο δίσκο (σχηματίζοντας ένα ομόλογο ζευγάρι). Οι ενέργειες περιλαμβάνουν την προετοιμασία μιας περιοχής ωοτοκίας σε υπόστρωμα το οποίο μπορεί να είναι φυσικό (φύλλα) ή τεχνητό (κωνοειδές κεραμικό), στο οποίο εναποθέτουν τα κολλώδη αυγά, φροντίζοντας για τα επωαζόμενα αυγά και για τα νεοεκκολαπτόμενα ιχθύδια (Baerends & Baerends-van Roon 1950). Σε όλα τα ψάρια που εναποθέτουν τα αυγά τους σε υπόστρωμα, η γονική φροντίδα προσφέρεται και από τους δυο γονείς.

Υπάρχουν είδη ψαριών, όπως για παράδειγμα ο γεωφάγος, *Geophagus jurupari* και το είδος *Aequidens paraguayensis*, που συνδυάζουν και τις δύο στρατηγικές. Τα κολλώδη αυγά εναποτίθενται στο υπόστρωμα και επωάζονται. Τα νεοεκκολαπτόμενα ιχθύδια διατηρούνται στη στοματική κοιλότητα του θηλυκού και του αρσενικού για διάστημα μερικών εβδομάδων. Αρσενικός και θηλυκός γεννήτορας συμμετέχουν σε όλα τα στάδια φροντίδας των νεαρών ιχθυδίων (Timms & Keenleyside 1975).

Ο καταμερισμός των καθηκόντων μεταξύ αρσενικού και θηλυκού μελετήθηκε στα είδη που εναποθέτουν τα αυγά σε υπόστρωμα. Το θηλυκό καθαρίζει το υπόστρωμα ενώ παράλληλα κινείται πάνω απ' αυτό αερίζοντας τα αυγά με τα

περύγια. Το αρσενικό ασχολείται με την επιτήρηση των νεοεκκολαπτόμενων ιχθυδίων (Timms & Keenleyside 1975).

Το είδος *Herotilapia multispinosa* κατά την αναπαραγωγή του, εναποθέτει τα αυγά σε υπόστρωμα, ενώ αρσενικό και θηλυκό συμμετέχουν στην επιτήρηση της φωλιάς. Το θηλυκό στις περισσότερες περιπτώσεις αναλαμβάνει στο μεγαλύτερο μέρος την προσοχή των αυγών, ενώ η επιθετικότητά του αυξάνεται προσπαθώντας να διατηρήσει το αρσενικό μακριά από τα αυγά (Smith-Grayton & Keenleyside 1978).

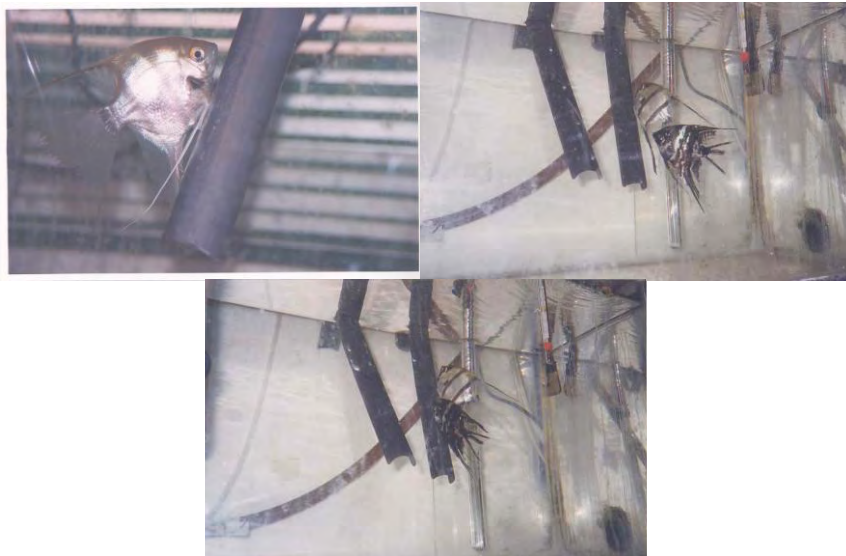
Η επώαση στο υπόστρωμα από αρσενικό και θηλυκό χαρακτηρίζεται ως ο πιο γενικευμένος και πρωτόγονος τρόπος γονικής φροντίδας σε σχέση με την στοματική επώαση από έναν γονέα (Fryer & Ples 1972). Οποιοδήποτε στοιχείο του άνισου καταμερισμού των γονικών δραστηριοτήτων μεταξύ αρσενικού και θηλυκού ίσως να υποδηλώνει ένα πρόωρο στάδιο στην εξελικτική μετάβαση των δύο αυτών στρατηγικών.

Η συμπεριφορά των ψαριών κατά τη διαδικασία της γονικής φροντίδας έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης από πολλούς ερευνητές (Zoran & Ward 1983, Keenleyside 1991, Smith & Wootton 1993, Lehtonen & Lindstrom 2008, Nakazawa & Yamamura 2009). Τα αποτελέσματα μιας τυχαίας απώλειας τους ενός γονέα κατά τη διάρκεια των πρώτων σταδίων ανατροφής των νεοεκκολαπτόμενων ιχθυδίων πιθανόν να έχει άμεσες συνέπειες στους απογόνους, ανάλογα με το γονέα που χάθηκε.

Η τεχνική αναπαραγωγής του αγγελόψαρου περιγράφεται από τα παρακάτω βήματα (Βλάχος και συν. 2000, Χώτος και Βλάχος 2004, Vlachos *et al.* 2008) (Εικ.2):

- Αρχικά, τα ψάρια αποκτούν έντονο χρωματισμό και κολυμπούν γρήγορα το ένα δίπλα στο άλλο. Παράλληλα, στο εσωτερικό του ενυδρείου τοποθετείται πλαστική επιφάνεια σε γωνία 45° με την επιφάνεια του τζαμιού, προκειμένου το θηλυκό να εναποθέσει τα αυγά.

- Το θηλυκό, πριν την ωοτοκία, καθαρίζει προσεκτικά την πλαστική επιφάνεια από φύκια, είτε από υπολείμματα τροφών. Στη συνέχεια, η έδρα του θηλυκού εφάπτεται στην πλαστική επιφάνεια, εναποθέτοντας τα αυγά σε σειρές στο υπόστρωμα (Vlachos *et al.* 2008). Η ωοτοκία λαμβάνει χώρα τις πρώτες πρωινές ώρες και διαρκεί από 45 λεπτά έως 2 ώρες.
- Το αρσενικό ακολουθεί κάθε κίνηση του θηλυκού ψεκάζοντας τα αυγά με σπέρμα και τα γονιμοποιεί.
- Με την ολοκλήρωση της γονιμοποίησης των αυγών, αρσενικό και θηλυκό εκτελούν συχνές κινήσεις με τα πτερύγιά τους, στέλνοντας πάνω στα αυγά αρκετές ποσότητες καθαρού νερού, προκειμένου να οξυγονώνουν και να καθαρίσουν την περιοχή με τα αυγά.



Εικόνα 2: Διαδικασία αναπαραγωγής του αγγελόψαρου (πηγή: Vlachos *et al.* 2008)

1.3 Διατροφή του αγγελόψαρου *Pterophyllum scalare*

Τα βασικά χαρακτηριστικά του τρόπου διαβίωσης των ψαριών επηρεάζονται από τη διατροφική συμπεριφορά και τις διατροφικές τους συνθήκες τόσο στο φυσικό περιβάλλον όσο και σε ελεγχόμενες συνθήκες εκτροφής (Παπουτσόγλου 2008). Το αγγελόψαρο, ως προς το διατροφικό του τύπο, χαρακτηρίζεται είτε ως σαρκοφάγο (Degani 1993), είτε ως παμφάγο (Garcia-Ulloa & Gomez-Romero 2005) είτε ως θρυμματοφάγο (Crampton 2008). Η τροφή του αγγελόψαρου στη φύση είναι το πλαγκτόν, οι προνύμφες κουνουπιών, τα καρκινοειδή (κωπήποδα), τα φυτά και τα σκουλήκια (Soriano-Salazar & Hernandez-Ocampo 2002).

Σε ενυδρειακές συνθήκες, τα αγγελόψαρα στο λαρβικό τους στάδιο περιορίζονται στην κατανάλωση μακροζωοπλακτονικών οργανισμών, όπως *Daphnia*, *Moina* και ναύπλιοι (*Artemia*) (Lim & Wong 1997), οι οποίοι θεωρούνται ότι ικανοποιούν τις διαιτητικές ανάγκες τους σε απαραίτητα αμινοξέα (Yurkowski & Tabachek 1979). Επίσης, για τη διατροφή τους χρησιμοποιούνται και διάφορες τεχνητές επεξεργασμένες τροφές σε μορφή σύμπηκτου, νιφάδων ή αλεύρων (Luna-Figuera *et al.* 2000). Παρόλο που είναι γενικά αποδεκτό πως τα αγγελόψαρα αποδέχονται τεχνητές τροφές (Luna-Figueroa *et al.* 2000), έχει παρατηρηθεί ότι η χρησιμοποίησή τους ως αποκλειστικής τροφής επιφέρει χαμηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης και ποσοστά επιβίωσης (Luna-Figueroa 1999), κυρίως στα στάδια της ιχθυονύμφης και του ιχθυδίου (Hoffer 1985). Αντιθέτως, όταν η διατροφή του αγγελόψαρου βασίζεται σε συνδυασμό ζωντανών και τεχνητών τροφών, παρατηρείται καλύτερη ανάπτυξη και υψηλότερη επιβίωση (Hoffer 1985, Lim & Wong 1997, Luna-Figueroa 1999, Luna-Figueroa *et al.* 2000, Ortega-Salas *et al.* 2009). Επίσης, η συνδυασμένη διατροφή ζωντανών και τεχνητών τροφών οδηγεί σε αύξηση της συχνότητας ωοτοκίας (Figueroa *et al.* 1977).

Η χορήγηση ζωντανής τροφής διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε όλα τα στάδια ανάπτυξης των ιχθυδίων (λεκιθοφόρα προνύμφη, μεταλεκιθοφόρα νύμφη, ατελή ιχθύδια, νεαρά και αναπτυσσόμενα ιχθύδια) κατά τη διάρκεια εκτροφής των διακοσμητικών ψαριών (Lim *et al.* 2002). Η επιλογή της τροφής γίνεται με σκοπό την ανάπτυξη και επιβίωση των ψαριών. Τα ψάρια επιλέγουν τις τροφές και τις καταναλώνουν με μεγάλη όρεξη. Όταν η διατροφική αξία της τροφής δεν διαφοροποιείται, οι εύγευστες τροφές οδηγούν σε καλύτερη ανάπτυξη των ψαριών (Tamaru & Ako 2000).

Οι ποσοτικές διαιτητικές ανάγκες των ψαριών είναι ανάλογες του σταδίου ανάπτυξής τους και συνεπώς υπάρχουν διαφοροποιήσεις στη θρεπτική σύσταση και τον τύπο των τροφών που προορίζονται για τις προνύμφες, συγκριτικά με εκείνες που προορίζονται για αναπαραγωγή και ανάπτυξη των ιχθυδίων (Ricker 1979, Perez *et al.* 2003, Luna-Figuerora 2003). Οι Bahadır-Koka *et al.* (2009) μελέτησαν την ανάπτυξη και επιβίωση στο αγγελόψαρο μέσου βάρους 0,73 g, χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες διατροφικές αγωγές: εμπορικά σύμπηκτα (extruded), εμπορικές νιφάδες, *Daphnia magna*, και ανάμειξη νιφάδων (50%) με *Daphnia magna* (50%) για διάστημα 60 ημερών. Τα αγγελόψαρα παρουσίασαν καλύτερη αύξηση βάρους και ειδικό αυξητικό ρυθμό όταν τρέφονταν αποκλειστικά με σύμπηκτα, απ' ό,τι όταν τρέφονταν με νιφάδες, οπότε και παρουσίασαν μικρότερη ανάπτυξη.

Τα βέλτιστα επίπεδα πρωτεΐνης στη διατροφή των ψαριών επηρεάζονται από τη διαιτητική ισορροπία της πρωτεΐνης και της ενέργειας, τη σύσταση των αμινοξέων, τη σύσταση των λιπαρών οξέων, την πεπτικότητα των πρωτεϊνών και τη διαθεσιμότητα των υδατανθράκων στην τροφή (Wilson 2002). Η χαμηλή διαιτητική ενέργεια οδηγεί στη χρησιμοποίηση της εναποτεθείσας πρωτεΐνης ως πηγή ενέργειας για τη συντήρηση και ανάπτυξη του ψαριού. Από την άλλη, μια διατροφική αγωγή με περίσσεια ενέργειας οδηγεί σε μείωση της τροφοληπτικής ικανότητας του ψαριού, με

αποτέλεσμα να λαμβάνει λιγότερα ποσοστά πρωτεΐνης και άλλων θρεπτικών συστατικών απαραίτητων για την ανάπτυξη του οργανισμού (NCR 1993). Γενικά, η επιλογή της τροφής που χορηγείται αρχικά στα ψάρια εξαρτάται από το μέγεθος του στόματος της προνύμφης ψαριού (Kraul 2006). Ιχθύδια με μικρό μέγεθος στόματος απαιτούν μικρότερες σε μέγεθος τροφές από τα rotifers (McKinnon *et al.* 2003).

Ο ρυθμός ανάπτυξης που επιφέρει στο ψάρι μια συγκεκριμένη τροφή όπως επίσης και η αποδοτικότητά της, εξαρτώνται άμεσα από το επίπεδο διατροφής του ψαριού, δηλαδή τη συνολική χορηγηθείσα ποσότητα τροφής ημερησίως (Guillaume *et al.* 2001). Το διατροφικό επίπεδο ορίζεται ως το εκατοστιαίο ποσοστό επί του ζώντος βάρους των ψαριών της ημερήσιας χορηγηθείσας ποσότητας τροφής προκειμένου να επιτευχθεί ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξής τους με το μικρότερο συντελεστή μετατρεψιμότητας της προσληφθείσας τροφής κατά τη διάρκεια συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος (Παπουτσόγλου 2008). Στην κλίμακα του διατροφικού επιπέδου, είναι αδύνατο να επιτευχθεί η μέγιστη ανάπτυξη των ψαριών ταυτόχρονα με τη μέγιστη αποδοτικότητα της τροφής για το ίδιο διατροφικό επίπεδο. Οπότε, είναι επιθυμητό να προσδιοριστεί εκείνο το διατροφικό επίπεδο που θα ικανοποιεί σε έναν βαθμό και τους δύο παράγοντες. Πέραν αυτού του βέλτιστου επιπέδου διατροφής, η επίτευξη υψηλότερων ρυθμών ανάπτυξης οδηγεί σε υψηλότερο κόστος διατροφής, ενώ, αντίθετα χαμηλά επίπεδα διατροφής οδηγούν σε υποσιτισμό (Guillaume *et al.* 2001). Επίσης, αυξημένο επίπεδο διατροφής, πέραν του βέλτιστου δεν συνεπάγεται κατ'ανάγκη και πλήρη χρησιμοποίηση της τροφής από τα ψάρια, με αποτέλεσμα μειωμένη πεπτικότητα της τροφής και ως εκ τούτου μεγαλύτερη θρεπτική επιβάρυνση στο υδάτινο περιβάλλον (Guillaume *et al.* 2001).

Για το είδος *P. scalare* δεν είναι γνωστά τα επίπεδα διατροφής στις διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες εκτροφής και για διάφορα σιτηρέσια. Στα διάφορα διατροφικά πειράματα με το είδος, κάποιοι ερευνητές χρησιμοποιούν ένα επίπεδο της

τάξης του 4% (Bahadır *et al.* 2009), ενώ άλλοι (Zuanon *et al.* 2009) εφαρμόζουν σίτιση σε κορεσμό. Οι Luquet και Watanabe (1986) στην έρευνά τους βρήκαν ότι η μείωση των επιπέδων διατροφής κατά τη διάρκεια του τελευταίου σταδίου της ωογένεσης, επιδρά στο μέγεθος του αυγού, τη θρεπτική σύστασή του και την εκκολαψιμότητα.

1.4 Σκοπός της έρευνας

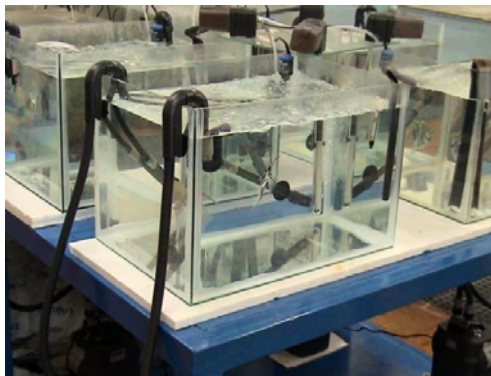
Σκοπός της παρούσας μεταπτυχιακής διατριβής είναι να μελετηθεί για πρώτη φορά και ανά άτομο η επίδραση διαφορετικού επιπέδου διατροφής (4% και 10%) στην επιβίωση, ανάπτυξη και κατανάλωση της τροφής του τροπικού αγγελόψαρου, *Pterophyllum scalare* σε συνθήκες αιχμαλωσίας.

Για το σκοπό αυτό, διενεργήθηκε διατροφικό πείραμα διάρκειας 30 ημερών. Τα αγγελόψαρα τοποθετήθηκαν σε ατομικά «κλουβιά» και χωρίστηκαν σε δύο διατροφικές ομάδες οι οποίες ταΐζονταν με 4% και 10% του μέσου ζώντος βάρους ψαριού, τρεις φορές την ημέρα. Η τροφή ήταν νιφάδες, κατεψυγμένη και συνδυασμός των δύο παραπάνω με ποσοστό πρωτεΐνης 46,30 % και λίπους 5,48 %.

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Προμήθεια πειραματόζωων

Τα αγγελόψαρα, *P. scalare*, που χρησιμοποιήθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα διατροφής, το οποίο διεξήχθη στις ερευνητικές εγκαταστάσεις του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, προήλθαν από αναπαραγωγή γεννητόρων (Εικ. 3), οι οποίοι διατηρούνταν σε συνθήκες αιχμαλωσίας, στους 29°C, στο εργαστήριο Υδατοκαλλιεργειών-Μονάδα Ενυδρείων του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου.



Εικόνα 3: Ενυδρείο αναπαραγωγής αγγελόψαρου (Πηγή: Βλάχος 2008)

Η μεταφορά των ψαριών έγινε με ειδικές σακούλες, οι οποίες είχαν πληρωθεί με νερό και ήταν κορεσμένες σε οξυγόνο, ενώ με την άφιξή τους στον πειραματικό σταθμό του τμήματος εγκλιματίστηκαν για χρονικό διάστημα 10 ημερών και τοποθετήθηκαν σε ειδικά κατασκευασμένα «κλουβιά» από πολυουρεθάννη (Εικ 4), τα οποία τοποθετήθηκαν σε γυάλινα ενυδρεία διαστάσεων 50x50x50 cm, και όγκου 125 L το καθένα.



Εικόνα 4: Πειραματικά κλουβιά (διαμερίσματα) που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική εκτροφή του αγγελόψαρου. (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Στη συνέχεια, τα ψάρια αναισθητοποιήθηκαν με phenoxythanol (0,25 ml/L), ζυγίστηκαν και μετρήθηκαν τα μορφομετρικά τους χαρακτηριστικά (Εικ. 5 και Εικ. 6) και συγκεκριμένα το αρχικό βάρος (μέσο βάρος \pm τυπική απόκλιση) και το αρχικό μήκος από το ρύγχος μέχρι τον ουραίο μίσχο (μέσο μήκος \pm τυπική απόκλιση). Συνολικά, χρησιμοποιήθηκαν 36 άτομα, τα οποία τοποθετήθηκαν σε τέσσερις (4) ομάδες των (9) ατομικών κλουβιών που τοποθετήθηκαν σε τέσσερα (4) γυάλινα ενυδρεία (μια ομάδα σε κάθε ενυδρείο).



Εικόνα 5: Μέτρηση ολικού μήκους (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 6: Ηλεκτρονικός ζυγός που χρησιμοποιήθηκε στην πειραματική διαδικασία (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

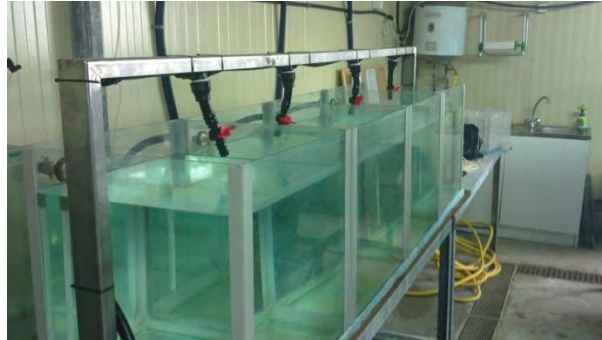
2.2 Συνθήκες εκτροφής

Τα τριανταέξι (36) αγγελόψαρα που χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα ήταν μέσου βάρους $1,44 \pm 0,28$ cm και μέσου μήκους $3,26 \pm 0,38$ cm, τα οποία τοποθετήθηκαν σε τέσσερα ενυδρεία. Σε κάθε ενυδρείο προσαρμόστηκε μια ειδική κατασκευή από πολυουρεθάνη χωρισμένη σε εννέα ατομικά κλουβιά, ένα για κάθε άτομο. Το συνολικό ύψος της ήταν 4 cm πάνω από την επιφάνεια του νερού, έτσι ώστε να αποφευχθεί η απόδραση των ψαριών.

Τα τέσσερα ενυδρεία στη συνέχεια χωρίστηκαν σε δύο διατροφικές ομάδες, ανάλογα με το ποσοστό χορήγησης της ημερήσιας τροφής. Στην πρώτη ομάδα συμπεριλαμβάνονταν το 1^ο και 2^ο ενυδρείο, με επίπεδο διατροφής 4% του μέσου βάρους ζώντος ψαριού και στην δεύτερη ομάδα το 3^ο και 4^ο ενυδρείο, με 10% ημερήσιο επίπεδο διατροφής αντιστοίχως.

Το όλο σύστημα αποτελούνταν από τέσσερα ενυδρεία διαστάσεων 50x50x50 cm και όγκου 125 L το καθένα, τα οποία τοποθετήθηκαν σε σειρά (Εικ. 7). Κάθε ενυδρείο είχε μια παροχή νερού και σύστημα υπερχειλίσης. Για την ορθή λειτουργία των ενυδρείων και προκειμένου να διατηρηθεί η ισορροπία στα ενυδρεία εκτροφής, κατασκευάστηκε ένα φίλτρο τύπου «sub» διαστάσεων 102x52x50cm και συνολικού

όγκου 265 L (Εικ. 8). Το φίλτρο τοποθετήθηκε ακριβώς κάτω από τα ενυδρεία και χωρίστηκε σε τρία μέρη για να ολοκληρώνεται ο μηχανικός και βιολογικός καθαρισμός.



Εικόνα 7: Πειραματικό σύστημα εκτροφής συνολικού όγκου 125 L (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)



Εικόνα 8: Φίλτρο τύπου 'sub' συνολικού όγκου 265 L (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Το νερό διοχετεύονταν στο φίλτρο με υπερχειλίση, αρχικά για μηχανική επεξεργασία και στη συνέχεια για βιολογική επεξεργασία, προκειμένου να μην διαταράσσεται η ισορροπία του νερού εκτροφής.

Στο μηχανικό φιλτράρισμα (πρώτο στάδιο φιλτραρίσματος) το νερό διέρχονταν παθητικά με τη βοήθεια της βαρύτητας, πρώτα από υαλοβάμβακα και στη συνέχεια από ένα σφουγγάρι με μικρό άνοιγμα πόρων (Εικ. 9). Σκοπός του μηχανικού

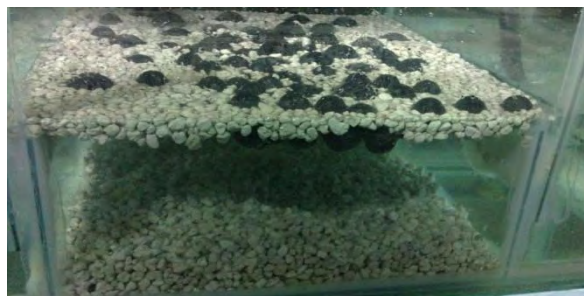
φιλτραρίσματος είναι η κατακράτηση αιωρούμενων σωματιδίων, υπολειμμάτων τροφής και περιττωμάτων των ψαριών (Spotte 1993).



Εικόνα 9: Στάδιο μηχανικού φιλτραρίσματος (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

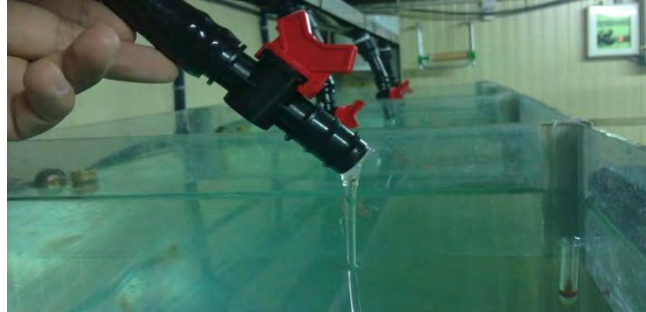
Στη συνέχεια, ακολουθούσε η βιολογική επεξεργασία του νερού (2^ο στάδιο φιλτραρίσματος), προκειμένου η παραγόμενη από τα ψάρια αμμωνία (ως μεταβολικό προϊόν) να οξειδώνεται μέσω της νιτροποίησης σε νιτρικά ιόντα με τη βοήθεια των βακτηριδίων *nitrosomonas* και *nitrobacter*. Το τελικό στάδιο της βιολογικής επεξεργασίας του νερού είναι η απονιτροποίηση με την παραγωγή αέριου αζώτου (Spotte 1993).

Το υλικό πλήρωσης (Εικ. 10) που χρησιμοποιήθηκε για το βιολογικό φίλτρο, ήταν ανάμειξη λάβας (λόγω μεγάλης επιφάνειας) μέσου διαμετρήματος 0,25 mm με βιόσφαιρες (πλαστικό υλικό μεγάλης επιφάνειας) (Vlachos *et al.* 2004).



Εικόνα 10: Υλικό πλήρωσης βιολογικού φιλτραρίσματος (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Το νερό, με το πέρας της επεξεργασίας, συγκεντρώνεται στο τελευταίο «διαμέρισμα» του φίλτρου, το οποίο μέσω βυθιζόμενης αντλίας καταλήγει στα ενυδρεία (Εικ. 11).



Εικόνα 11: Παροχή νερού στα πειραματικά ενυδρεία κύριας εκτροφής (Πηγή: Προσωπικό αρχείο).

Η θερμοκρασία του νερού καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας ρυθμίστηκε στους $29 \pm 0,2^\circ \text{C}$, με την προσθήκη θερμαντικού σώματος τιτανίου (HTC, 100W) σε κάθε ενυδρείο (Εικ. 12) και ενός ρυθμιστή θερμοκρασίας T-controller (T 2001, HC, Aqua medic) (Εικ. 13).



Εικόνα 12: Θερμαντικό σώμα τιτανίου (Πηγή: www.aqua-medic.de)



Εικόνα 13: Ρυθμιστής θερμοκρασίας T-controller (Πηγή: www.aqua-medic.de)

2.3 Σιτηρέσιο και χορήγηση τροφής

Η διάρκεια του πειράματος διατροφής ήταν 26 ημέρες. Το επίπεδο διατροφής όπως προαναφέρθηκε, προσδιορίστηκε στο 4% και 10% του μέσου βάρους ζώντος ψαριού (Yanong 1996), ενώ η χορήγηση της τροφής γίνονταν ανά τέσσερις ώρες τρεις φορές ημερησίως (09:00-νιφάδες, 13:00-κατεψυγμένη τροφή αποτελούμενη από Krill, πλαγκτόν, γαρίδες και σκουλήκι και 17:00-συνδυασμός των δυο), για καλύτερη διαχείριση της παρεχόμενης ποσότητας τροφής. Η τροφή που χρησιμοποιήθηκε ήταν εμπορική με τη μορφή νιφάδας σε συνδυασμό με κατεψυγμένη τροφή (*Discus formula*). Οι τροφές αυτές χρησιμοποιούνται ευρέως από επαγγελματίες και ερασιτέχνες, προσδίδοντας καλύτερα αποτελέσματα στην ανάπτυξη και αναπαραγωγή των ψαριών (Yanong 1996, Vlachos *et al.* 2008).

Με την πάροδο των 15 πρώτων ημερών έγινε καταμέτρηση του βάρους και του μήκους σώματος των ατόμων και ανάλογα με την ανάπτυξή τους υπολογίστηκε εκ νέου η ποσότητα της τροφής που χορηγήθηκε στα πειραματικά ενυδρεία. Τα επίπεδα διατροφής διατηρήθηκαν σταθερά στο 4% και 10%. Η δοσολογία κάθε γεύματος παρέχονταν στα ενυδρεία ακολουθώντας την ίδια σειρά και παρακολουθώντας τη συμπεριφορά των ψαριών. Το πρόγραμμα χορήγησης τροφής εφαρμόζονταν από Δευτέρα έως Κυριακή. Τα ψάρια δεν ταΐζονταν μία ημέρα πριν τη ζύγισή τους (ανά 15 ημέρες), προκειμένου να γίνει αναπροσαρμογή της ποσότητας του σιτηρεσίου και να προσδιορισθεί το τελικό βάρος και μήκος του ζώου.

2.4 Μέτρηση μορφομετρικών χαρακτηριστικών

Χρησιμοποιώντας ζυγό ακριβείας μετρήθηκε το αρχικό βάρος σώματος (g) (σε ακρίβεια δεύτερου δεκαδικού ψηφίου) του αγγελόψαρου καθώς και το μήκος (cm) του κάθε ατόμου ξεχωριστά με τη βοήθεια ιχθυόμετρου. Η μέτρηση των

μορφομετρικών χαρακτηριστικών γινόταν έπειτα από αναισθητοποίηση των ψαριών με φαινοξυθανόλη σε πυκνότητα 0,25 ml/L.

2.5 Μέτρηση φυσικοχημικών παραμέτρων

Η μέτρηση των φυσικοχημικών παραμέτρων [T, O₂, pH, ολική αμμωνία (T.A.N), συγκεντρώσεις νιτρωδών (NO₂⁻) και νιτρικών (NO₃⁻) ιόντων, ανθρακική (CH) και ολική σκληρότητα (GH) και συγκέντρωση χλωρίου (Cl⁻)] (Πιν. 1) γίνονταν ανά τακτά χρονικά διαστήματα (κάθε δύο μέρες), καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής εκτροφής (Παράρτημα). Για τη μέτρησή τους, χρησιμοποιήθηκαν ειδικά test χρωματομετρίας (Εικ. 14).

Πίνακας 1 : Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού εκτροφής.

	ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ	
	4%	10%
Διαλυμένο O ₂ (mg/L)	8,19 ± 0,06	8,21 ± 0,12
pH	7,4 ± 0,1	7,2 ± 0,12
T.A.N (NH ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺), (mg/L)	0,0 ± 0,00	0,11 ± 0,06
NH ₃ (μη ιονισμένη αμμωνία) (mg/L)*	0,0 ± 0,00	0,002 ± 0,00
NH ₄ (ιονισμένη αμμωνία) (mg/l)**	0,0 ± 0,00	0,11 ± 0,00
NO ₂ ⁻ (mg/L)	0,00 ± 0,04	0,02 ± 0,00
NO ₃ ⁻ (mg/L)	23,0 ± 14,9	22,4 ± 17,00
PO ₄ ⁻ (mg/L)	0,0 ± 0,00	0,0 ± 0,00
Θερμοκρασία (°C)	29 ± 0,02	29 ± 0,02

*Η μη ιονισμένη αμμωνία, σύμφωνα με το Χάτο (2008), υπολογίστηκε από τη σχέση **Μη Ιονισμένη αμμωνία = T.A.N - Ιονισμένη αμμωνία**.

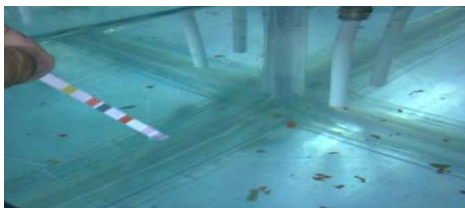
Η ιονισμένη αμμωνία, σύμφωνα με το Χάτο (2008), υπολογίστηκε από την σχέση **Ιονισμένη αμμωνία = α * T.A.N.

(όπου α: γραμμομοριακό κλάσμα διάσπασης της αμμωνίας και υπολογίζεται από πίνακες σε συνάρτηση με το pH και τη θερμοκρασία).

Σημ.: Οι τιμές δίνονται μέσος όρος ± τυπική απόκλιση.

Η θερμοκρασία του νερού και στα 4 ενυδρεία διατηρήθηκε σταθερή με χρήση T controller, στους 29 ± 0,2° C. Το διαλυμένο οξυγόνο διατηρούνταν σταθερό στα 8,19

$\pm 0,2$ mg/L με συνεχή αερισμό του νερού από το κεντρικό σύστημα παροχής αέρα του εργαστηρίου, ενώ το pH κυμάνθηκε στο $7,2 \pm 0,2$.



Εικόνα 14: Μέτρηση pH με test kit
(Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

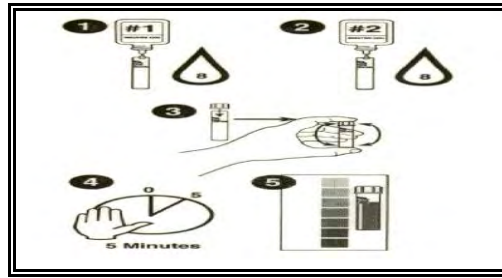
2.5.1 Προσδιορισμός ολικής αμμωνίας-αζώτου (T.A.N.), νιτρωδών (NO_2^-), και νιτρικών (NO_3^-) ιόντων.

Ο προσδιορισμός των αμμωνιακών αλάτων γίνεται με τη χρήση αντιδραστηρίων (Liddicoat *et al* 1974).

Η διαδικασία μέτρησης της ολικής αμμωνίας (ppm) (T.A.N) περιγράφεται ως εξής (Εικ. 15):

- Προσθήκη σε υάλινη κυψελίδα 5 ml νερού από το ενυδρείο.
- Προσθήκη 8 σταγόνων από το αντιδραστήριο *Ammonia #1*.
- Ανακίνηση για 5 δευτερόλεπτα.
- Προσθήκη 8 σταγόνων από το αντιδραστήριο *Ammonia #2*.
- Ανακίνηση για 5 δευτερόλεπτα.
- Αναμονή 5 λεπτα έως ότου το δείγμα νερού χρωματιστεί ανάλογα.
- Σύγκριση του χρώματος του δείγματος στην κυψελίδα με αντίστοιχη κλίμακα.

Το επίπεδο της ολικής αμμωνίας πρέπει να είναι μηδενικό. Οποιαδήποτε άλλη τιμή μπορεί να επιφέρει προβλήματα στους οργανισμούς.

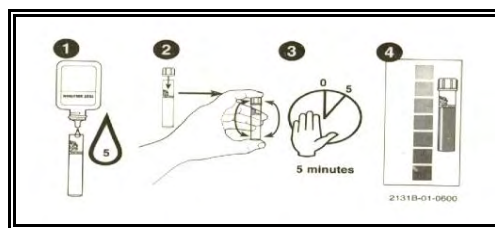


Εικόνα 15: Διαδικασία και κλίμακα μέτρησης αμμωνίας (Πηγή: Βλάχος 2004)

Η διαδικασία μέτρησης των νιτρωδών ιόντων (ppm) (NO_2^-) περιγράφεται ως εξής (Εικ.16):

- Προσθήκη σε υάλινη κυψελίδα 5 ml νερό από το ενυδρείο.
- Προσθήκη 5 σταγόνων από το αντιδραστήριο nitrite.
- Ανακίνηση για 5 δευτερόλεπτα.
- Αναμονή 5 λεπτά έως ότου το δείγμα νερού χρωματιστεί ανάλογα.
- Σύγκριση του χρώματος του δείγματος στην κυψελίδα με αντίστοιχη κλίμακα.

Τα επιτρεπτά επίπεδα των νιτρωδών ιόντων πρέπει να κυμαίνονται από 0-0,25 ppm (mg/l)



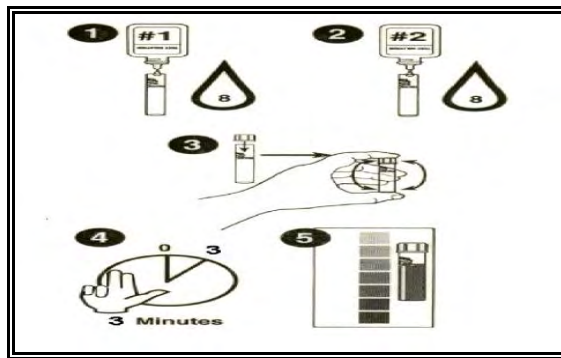
Εικόνα 16: Διαδικασία και κλίμακα μέτρησης νιτρωδών ιόντων (Πηγή: Βλάχος, 2004)

Η διαδικασία μέτρησης των νιτρικών ιόντων (ppm) (NO_3^-) περιγράφεται ως εξής (Εικ 17):

- Προσθήκη σε υάλινη κυψελίδα 5 ml νερό από το ενυδρείο.

- Προσθήκη 10 σταγόνων από το αντιδραστήριο Nitrate #1.
- Ανακίνηση για 5 δευτερόλεπτα.
- Προσθήκη 10 σταγόνων από το αντιδραστήριο Nitrate #2.
- Ανακίνηση για 5 δευτερόλεπτα.
- Αναμονή 3 λεπτά έως ότου το δείγμα νερού χρωματιστεί ανάλογα.
- Σύγκριση του χρώματος του δείγματος στην κυψελίδα με αντίστοιχη κλίμακα.

Τα επιτρεπτά επίπεδα των νιτρικών ιόντων είναι 5-30 ppm (mg/l)



Εικόνα 17: Διαδικασία και κλίμακα μέτρησης νιτρικών ιόντων (Πηγή: Βλάχος, 2004)

2.6 Υπολογισμός κατανάλωσης τροφής

Τα αγγελόψαρα τρέφονται με εμπορική τροφή (νιφάδες) σε συνδυασμό με κατεψυγμένη τροφή με επίπεδο διατροφής 4% και 10%, αντίστοιχα, επί του ζώντος βάρους ψαριού. Η τροφή χορηγούνται στα ενυδρεία σε προζυγισμένη ποσότητα υγρού βάρους τροφής, με ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας (KERN) και αναλογούσε περίπου σε πέντε έως έξι νιφάδες, τρεις φορές ημερησίως.

Η μη καταναλωθείσα εναπομείνασα τροφή συλλέγονταν με σιφωνισμό των «κλουβιών», πριν από το τάισμα της επόμενης ημέρας, μέσα σε ειδικούς πλαστικούς δειγματοληπτικούς συλλεκτήρες. Οι συλλεκτήρες κωδικοποιήθηκαν με σκοπό την

αποφυγή λάθους. Στη συνέχεια, με πιπέτα τύπου paster και πριν τα δείγματα των υπολειμμάτων της τροφής τοποθετηθούν σε ειδικές πορσελάνινες κάψες, απομακρύνονταν τυχόν περιττώματα είχαν συλλεχθεί κατά τη διάρκεια του σιφωνισμού της τροφής.

Ο διαχωρισμός των περιττωμάτων από τα υπολείμματα της τροφής έγινε μακροσκοπικά, με βάση το σχήμα και το χρωματισμό τους. Στη συνέχεια, οι κάψες (οι οποίες είχαν προζυγιστεί με ακρίβεια τέταρτου δεκαδικού ψηφίου), που περιείχαν τη μη καταναλωθείσα τροφή, τοποθετούνταν σε φούρνο ξήρανσης στους 105° C για 24 ώρες και στη συνέχεια επαναζυγίζονταν. Με αυτό τον τρόπο υπολογίστηκε η ξηρά ουσία (ΞΟ) της εναπομείνουσας τροφής.

Για τον υπολογισμό της καταναλωθείσας τροφής (ΚΤ), η ΞΟ της εναπομείνουσας τροφής αφαιρέθηκε από την ξηρά ουσία της χορηγούμενης τροφής σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$KT(g) = \Xi O_{\text{χορηγούμενης τροφής}} - \Xi O_{\text{εναπομείνουσας τροφής}}$$

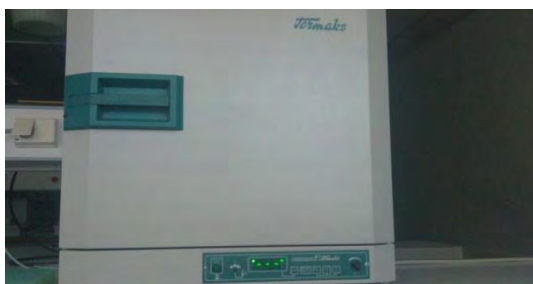
Η σχέση ξηράς και υγρής ουσίας στο τρίτο γεύμα που περιελάμβανε συνδυασμό των δύο τροφών υπολογίστηκε με βάση τα ποσοστά χορήγησης σε κάθε γεύμα με τις προϋπάρχουσες γραμμικές σχέσεις (50% για τη νιφάδα και 50% για την κατεψυγμένη τροφή).

2.7 Χημικές αναλύσεις

Οι χημικές αναλύσεις των δειγμάτων της τροφής διεξήχθησαν στους χώρους των εργαστηρίων του τμήματος.

2.7.1 Προσδιορισμός υγρασίας

Ο προσδιορισμός της υγρασίας των πειραματικών σιτηρεσίων και των ιστών των ψαριών, πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας 2 g δείγματος από κάθε σιτηρέσιο σε πυραντήριο (Εικ.18) για 24 ώρες σε θερμοκρασία 105°C (AOAC 1990).



Εικόνα 18: Πυραντήριο (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

Στη συνέχεια τα δισκία με το ξηρό δείγμα αφαιρέθηκαν από το φούρνο και τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο για να ψυχθούν. Η ξηρή ουσία υπολογίστηκε από τους τύπους:

$$W_{\text{ξηρού δείγματος (g)}} = W_{\text{ξηρού (τελικού) δείγματος \& \text{δισκίου (g)}} - W_{\text{δισκίου (g)}}$$

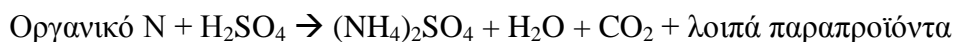
$$\text{Ξηρά Ουσία (\%)} = (W_{\text{ξηρού δείγματος (g)}} / W_{\text{αρχικού δείγματος (g)}}) \times 100$$

2.7.2 Προσδιορισμός αζωτούχων ενώσεων

Ο προσδιορισμός των αζωτούχων ενώσεων (ολικών πρωτεϊνών) των τροφών και των ιστών των αγγελοψαρων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Kjeldahl (AOAC 1990).

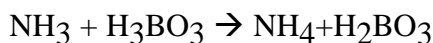
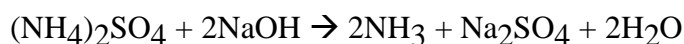
Αρχικά, σε αλουμινόχαρτο, που τοποθετήθηκε στο ζυγό ακριβείας, ζυγίστηκαν 200 mg δείγματος και καταγράφηκαν τα βάρη τους. Κατόπιν τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ειδικές φιάλες βρασμού της συσκευής Kjeldahl (Εικ.19) για πέψη. Κατά τη διαδικασία αυτή, τα δείγματα θερμάνθηκαν παρουσία πυκνού θειικού οξέος

(H₂SO₄) (παράγοντας οξείδωσης με τον οποίο πέπτεται το δείγμα) και πραγματοποιήθηκε η διάσπαση όλων των αζωτούχων ουσιών, απελευθερώθηκε το άζωτο (N) του δείγματος, το οποίο κατόπιν δεσμεύθηκε σε θειικό αμμώνιο ((NH₄)₂SO₄), σύμφωνα με την παρακάτω χημική αντίδραση:



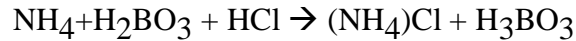
Συνεπώς, σε κάθε φιάλη βρασμού προστέθηκαν, 15 ml πυκνού H₂SO₄ και δύο ταμπλέτες καταλύτη Kjeldahl που περιείχαν θείο ώστε να επιταχυνθεί η αντίδραση. Οι φιάλες βρασμού τοποθετήθηκαν σε ειδική συσκευή πέψης που ήταν τοποθετημένη σε απαγωγό και τα δείγματα αφέθηκαν να χωνευτούν στους 150 °C για 85 min. Τα δείγματα αφέθηκαν να ψυχθούν για περίπου 30 min, αφήνοντας σε λειτουργία την παγίδα αερίων στον απαγωγό.

Στη συνέχεια, ακολούθησε η διαδικασία απόσταξης κατά την οποία το θειικό αμμώνιο αντιδρά με υδροξείδιο του νατρίου με αποτέλεσμα να αποδεσμεύεται αμμωνία (σε αέρια μορφή) και θειικό νάτριο. Η αμμωνία στη συνέχεια αντιδρά με βορικό οξύ και το άζωτο του δείγματος δεσμεύεται σε μορφή βορικού αμμωνίου, σύμφωνα με τις εξής αντιδράσεις:



Για τη διαδικασία της απόσταξης, τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε ειδική συσκευή απόσταξης. Σε κάθε δείγμα προστέθηκαν 100 ml απεσταγμένου H₂O, 80 ml NaOH και 50 ml H₂BO₃. Ο συνολικός χρόνος της απόσταξης κάθε δείγματος ήταν 6 min. Το βορικό αμμώνιο συγκεντρώνονταν σε κωνική φιάλη που περιείχε 4 σταγόνες ενός δείκτη pH. Στη συνέχεια, ακολούθησε η διαδικασία της τιτλοδότησης κατά την

οποία το βορικό αμμώνιο τιτλοδοτήθηκε με υδροχλωρικό οξύ χρησιμοποιώντας ένα δείκτη για το τελικό σημείο της παρακάτω χημικής αντίδρασης:



Η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου που απαιτείται για να καταλύσει την αντίδραση έως το τελικό σημείο, ισοδυναμεί με τη συγκέντρωση του αζώτου που περιέχει το δείγμα. Η κωνική φιάλη που περιείχε βορικό αμμώνιο τοποθετήθηκε σε θέση συνεχούς ανακίνησης και προσθέτονταν με αργό ρυθμό καταγεγραμμένη ποσότητα δεκατοκανονικού διαλύματος (0,1N) HCl. Η αλλαγή του χρώματος στο διάλυμα ομολογούσε το τελικό σημείο της αντίδρασης. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο (N %) υπολογίστηκε από τη σχέση :

$$\text{N}\% = \frac{(\text{ml HCl} - \text{ml Blank}) \times \text{N}_{\delta/\text{το}\delta\text{HCl}} \times 0,014007}{\text{Βάρος Δείγματος (g)}} \times 100$$

Όπου:

Blank = η τιτλοδότηση κενής φιάλης (χωρίς δείγμα), η οποία χρησιμοποιείται ως συντελεστής διόρθωσης.

Από την περιεκτικότητα του αζώτου (N) στο δείγμα υπολογίστηκε η περιεχόμενη πρωτεΐνη σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{Πρωτεΐνη (\%)} = \text{N (\%)} \times 6,25$$

Ο συντελεστής 6,25 προκύπτει από την παραδοχή ότι οι πρωτεΐνες περιέχουν 16% N.



Εικόνα 19: Συσκευή Kjeldahl (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

2.7.3 Προσδιορισμός ολικών λιπιδίων

Ο προσδιορισμός των ολικών λιπιδίων των τροφών και των ιστών του αγγελοψαρου έγινε με τη μέθοδο Soxhlet (Εικ.20) (AOAC 1990). Για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιήθηκαν γυάλινα δοχεία εκχύλισης στα οποία προστέθηκαν 3-4 πέτρες βρασμού, το μικό βάρος των οποίων προζυγίστηκε σε ζυγό ακριβείας τεσσάρων δεκαδικών ψηφίων.

Στη συνέχεια, σε κάθε γυάλινο δοχείο εκχύλισης τοποθετήθηκε ένα χάρτινο δοχείο ηθμού μέσα στο οποίο προστέθηκε 1 g ξηρής ουσίας δείγματος. Σε κάθε δοχείο εκχύλισης προστέθηκαν 150 ml πετρελαϊκού αιθέρα με τη βοήθεια ενός ογκομετρικού κυλίνδρου, ενώ το χάρτινο δοχείο ηθμού καλύφθηκε με βαμβάκι για την αποφυγή εκτίναξης του δείγματος κατά τη διάρκεια του βρασμού.

Τα γυάλινα δοχεία εκχύλισης με τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε ειδική συσκευή εκχύλισης λιπαρών ουσιών (συσκευή Soxhlet). Κατά τη διαδικασία της εκχύλισης, τα δείγματα θερμάνθηκαν στους 150 °C υπό την παρουσία οργανικού διαλύτη, όπου έλαβε χώρα το πρώτο στάδιο της εκχύλισης. Στη συνέχεια, ο οργανικός διαλύτης απορροφήθηκε και εκπλύνθηκε στο δείγμα για 1,5 ώρες, όπου έλαβε χώρα το δεύτερο στάδιο της εκχύλισης. Ο διαλύτης απορροφήθηκε για 15 min με αποτέλεσμα τα ολικά λιπίδια του δείγματος να παραμείνουν στον πάτο του δοχείου

εκχύλισης. Μετά το πέρας της εκχύλισης, τα δοχεία με τα δείγματα μεταφέρθηκαν σε φούρνο στους 75°C για μισή ώρα προκειμένου να εξατμιστεί εντελώς ο πετρελαϊκός αιθέρας που τυχόν παρέμεινε στο δείγμα. Στη συνέχεια, τα δοχεία εκχύλισης μεταφέρθηκαν στο ξηραντήρα για μια ώρα περίπου ώστε να ψυχθούν. Αφού απομακρύνθηκε το χάρτινο δοχείο ηθμού που περιείχε το απολιπασμένο δείγμα, ακολούθησε επαναζύγιση των γυάλινων δοχείων εκχύλισης (που περιείχαν και τις πέτρες βρασμού) και καταγράφηκε το βάρος τους. Η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε ολικά λιπίδια προσδιορίστηκε με τη βοήθεια της σχέσης:

$$\text{Ολικά λιπίδια (\%)} = [\text{τελικό βάρος δοχείου εκχύλισης (g)} - \text{αρχικό βάρος(g)}] \times 100$$



Εικόνα 20: Συσκευή Soxhlet (Πηγή: Προσωπικό αρχείο)

2.7.4 Προσδιορισμός τέφρας

Η τέφρα αντιπροσωπεύει τη συνολική ανόργανη ουσία του δείγματος. Ο προσδιορισμός της τέφρας πραγματοποιήθηκε τοποθετώντας 1g ξηρής ουσίας δείγματος από κάθε σιτηρέσιο και ιστό αγγελόψαρου χωριστά, σε αποτεφρωτήρα για 3 ώρες σε θερμοκρασία 600°C (AOAC 1990). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν προζυγισμένα πορσελάνινα δισκία, οποία τοποθετήθηκαν τα δείγματα προς αποτέφρωση. Μετά την αποτέφρωση, τα δισκία τοποθετήθηκαν σε ξηραντήριο. Ο προσδιορισμός της τέφρας των δειγμάτων υπολογίστηκε ως εξής:

$$W_{\text{αποτεφρωμένου δείγματος (g)}} = W_{\text{μικτού αποτεφρωμένου δείγματος (g) \& δισκίου (g)}} - W_{\text{δισκίου (g)}}$$

$$\text{Τέφρα (\%)} = [W_{\text{αποτεφρωμένου δείγματος (g)}} / W_{\text{αρχικού δείγματος (g)}}] \times 100$$

2.8 Παράμετροι ανάπτυξης των ιχθύων και αξιοποίησης τροφών

Η εκτίμηση της αύξησης του βάρους των ψαριών και ο προσδιορισμός του βαθμού εκμετάλλευσης και κατανάλωσης της χορηγούμενης τροφής από τους εκτρεφόμενους οργανισμούς, υπολογίστηκαν από τις παρακάτω παραμέτρους (Houlihan *et al.* 2001, Παπουτσόλογου 2008, Bahadir-Koca 2009).

- **Απόλυτη αύξηση βάρους (WG-Weight Gain)**

$$\text{WG (g)} = \text{Τελικό βάρος} - \text{Αρχικό βάρος}$$

- **Ημερήσιος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR, Specific Growth Rate %)**

$$\text{SGR (\%/ημέρα)} = \{\ln(W_t) - \ln(W_i) / d\} \times 100$$

όπου,

$$W_t = \text{Τελικό βάρος (g)}$$

$$W_i = \text{Αρχικό βάρος (g)}$$

$$d = \text{Ημέρες}$$

- **Αύξηση μήκους (LG- Length Gain)**

$$\text{LG (cm)} = (L_t) \text{ Τελικό μήκος} - (L_i) \text{ Αρχικό μήκος}$$

όπου,

$$L_t = \text{Τελικό μήκος (cm)}$$

$$L_i = \text{Αρχικό μήκος (cm)}$$

- **Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR, Food Conversion Ratio)**

FCR = KT/ WG όπου, KT (g) = Προσφερόμενη τροφή

WG (g) = Αύξηση βάρους

- **Κατανάλωση τροφής (FC-Food Consumption)**

FC=Π.Τ – Α.Τ όπου: Π.Τ (g) = Παρεχόμενη (νιφάδες, κατεψυγμένη και συνδυασμός των δύο) τροφή

A.T. (g) = Τροφή που δεν καταναλώνεται

- **Συντελεστής αποδοτικότητας πρωτεΐνης (PER-Protein Efficiency Ratio)**

PER = WG /ΚΠ όπου, WG (g) = Αύξηση βάρους

ΚΠ (g) = Ολική πρωτεΐνη της τροφής

- **Επιβίωση (%) (S-survival)**

S = (Τελικός αριθμός ψαριών/Αρχικός αριθμός ψαριών) x 100

- **Αποδοτικότητα της τροφής (FE-Food Efficiency)**

FE= WG/FI όπου, WG (g) = Αύξηση βάρους

FI (g) = Χορηγούμενη τροφή

- **Ημερήσια πρόσληψη της τροφής (DFI- Daily Food Intake)**

DFI= (FC/ Wt)*100 όπου, FC (g) = Ημερήσια κατανάλωση τροφής

W_t (g) = Τελικό βάρος

2.9 Στατιστική επεξεργασία

Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων ανάπτυξης των ψαριών και αξιοποίησης της τροφής πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του στατιστικού λογισμικού προγράμματος SPSS 17, κάνοντας χρήση του «ανεξάρτητου t-test» όπου συγκρίθηκαν οι μέσες τιμές των δυο διατροφικών ομάδων στο επίπεδο σημαντικότητας 5% (Zar 1996).

Οι τιμές των παραμέτρων που προσδιορίστηκαν ελέγχθηκαν για την κανονικότητα της κατανομής και την ομοιογένεια της διασποράς τους μέσω τους Levene's test.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά νερού

Σε ότι αφορά τις μετρήσεις των παραμέτρων του νερού μεταξύ των δύο διατροφικών αγωγών (4% και 10%) σε όλα τα πειραματικά ενυδρεία δεν παρατηρήθηκαν διαφορές στο pH, στην ολική αμμωνία (T.A.N) και στο διαλυμένο οξυγόνο (O₂), που να είναι στατιστικά σημαντικές.

3.2 Παράμετροι ανάπτυξης των ιχθύων και επιβίωση

3.2.1 Επιβίωση

Σε όλα τα πειραματικά ενυδρεία και στις δύο διατροφικές αγωγές δεν παρατηρήθηκε θνησιμότητα για όλο το διάστημα της εκτροφής (Πιν.2).

Πίνακας 2: Ποσοστό επιβίωσης ανά διατροφική ομάδα για όλο το διάστημα εκτροφής (30 ημέρες).

Ενυδρείο	Αριθμός νεκρών ατόμων / Συνολικός αριθμός ατόμων	Επιβίωση (%)
A (4%)	0/9	100
B (4%)	0/9	100
Γ (10%)	0/9	100
Δ (10%)	0/9	100

3.2.2 Βάρος και μήκος σώματος

Κατά την έναρξη της πειραματικής διαδικασίας οι μέσοι όροι του ζώντος βάρους και μήκους των ψαριών δεν παρουσίασαν σημαντικές στατιστικές διαφορές (t-test, $t=0,29$ $p=0,77$) (Πιν. 3). Τα ψάρια στα οποία χορηγήθηκαν νιφάδες σε συνδυασμό με κατεψυγμένη τροφή με επίπεδο διατροφής (10%), έδειξαν συγκριτικά μεγαλύτερες τιμές στο μέσο τελικό βάρος $1,88 \pm 0,53$ g και μήκος $3,76 \pm 0,33$ cm σε

σχέση, με την πρώτη ομάδα που διατρέφονταν με την ίδια τροφή αλλά με επίπεδο διατροφής 4%, όπου παρουσίασαν μικρότερο τελικό βάρος $1,61 \pm 0,45$ g και μήκος $3,63 \pm 0,33$ cm, αντίστοιχα, χωρίς όμως να παρουσιάζουν σημαντικές στατιστικές διαφορές (t-test, $t=1,662$ $p=0,106$).

Πίνακας 3 Σωματομετρικά δεδομένα για το αγγελόψαρο *Pterophyllum scalare*, αρχικό βάρος (W_i (g)) τελικό βάρος (W_t (g)) και αρχικό μήκος (L_i (cm)), τελικό μήκος (L_t (cm)) στους 29° C, σε δύο επίπεδα διατροφής 4% και 10% αντίστοιχα.

	ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ								
	4%				10%				
Άτομα	W_i	L_i	W_t	L_t	Άτομα	W_i	L_i	W_t	L_t
A1	1,3	3,5	1,27	3,7	Γ1	1,47	3,5	2,67	4,1
A2	1,56	3,5	1,96	3,8	Γ2	1,24	3,3	1,49	3,5
A3	0,9	2,7	0,78	3,3	Γ3	1,58	3,7	1,9	4,2
A4	1,8	3,9	2,42	4,2	Γ4	1,39	3	1,74	3,6
A5	1,05	3,4	1,08	3,4	Γ5	1,43	3,3	2,31	3,8
A6	1,7	3,6	1,01	3,3	Γ6	2	3,6	2,88	4,3
A7	1,23	3	1,62	3,4	Γ7	1,22	3,2	1,53	3,5
A8	1,2	2,7	1,93	3,7	Γ8	1,15	2,9	1,58	3,5
A9	1,37	3,1	1,44	3,3	Γ9	1,32	3,2	1,55	3,5
B1	1,31	2,9	1,48	3,6	Δ1	1,34	3,3	1,76	4
B2	1,4	3,6	1,67	4,2	Δ2	1,71	3,6	1,85	4,1
B3	1,06	2,9	1,3	3,4	Δ3	1,26	3	1,34	3,4
B4	1,23	3,3	1,22	3,6	Δ4	1,7	3,4	1,94	3,7
B5	1,62	2,4	1,63	3,4	Δ5	1,82	3,6	2,23	4,2
B6	1,82	3,6	1,96	3,7	Δ6	1,52	3,6	1,39	3,8
B7	1,86	3,7	2,2	4,3	Δ7	1,15	2,8	1,43	3,2
B8	1,83	3,5	2,07	3,7	Δ8	1,77	3,3	2,96	3,9
B9	1,43	3,4	1,86	3,3	Δ9	1,1	2,3	1,23	3,4
MO±TA	1,43±0,30	3,26±0,41	1,61±0,45	3,63±0,33	MO±TA	1,45±0,26	3,26±0,36	1,88±0,53	3,76±0,33

Σημ.: MO±TA: μέσος όρος ± τυπική απόκλιση τιμών.

Η ανάλυση της χημική σύστασης των εμπορικών τροφών που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία παρατίθεται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4: Ποσοστιαία σύσταση τροφών που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία.

ΤΥΠΟΣ ΤΡΟΦΗΣ	ΠΡΩΤΕΙΝΗ (%)	ΛΙΠΟΣ (%)	ΤΕΦΡΑ (%)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ
Νιφάδες	48,28 ± 1,80	16,00 ± 0,52	7,36 ± 0,19	7,53 ± 0,69	28,36
«Κατεψυγμένη»	24,54 ± 2,17	0,18 ± 0,16	1,12 ± 0,11	74,41 ± 2,06	74,16
Ανάμειξη (50%-50%)	46,30 ± 0,82	5,48 ± 0,19	2,72 ± 0,70	40,98 ± 1,10	45,50
ΜΟ ± ΤΑ	39,96±0,70	7,37±0,20	3,78±0,23	40,98±0,71	49,34

Σημ.: Οι τιμές αντιπροσωπεύουν το μέσο όρο ± τυπική απόκλιση (ΜΟ±ΤΑ, αριθμός δειγμάτων n=20). Οι υδατάνθρακες εκτιμήθηκαν μέσω της σχέσης: Υδατάνθρακες (%) = 100-(Ολική Πρωτεΐνη+Ολικά λιπίδια +Τέφρα).

3.2.3 Αύξηση ζώντος βάρους και ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR%/ημέρα)

Σε ότι αφορά την αύξηση του βάρους των ψαριών (WG, g), σύμφωνα με τον Πίνακα 3.4, υπάρχει στατιστικά σημαντική αύξηση στα ψάρια που σιτίζονταν με 10% του ζώντος βάρους $0,42 \pm 0,37$ g σε σύγκριση με τα ψάρια που ταΐζονταν με 4% του ζώντος βάρους $0,18 \pm 0,31$ g, (t-test, $t=2,102$ $p=0,043$). Από τα (18) ψάρια στο επίπεδο διατροφής 4% την καλύτερη ανάπτυξη την επέδειξαν (4) άτομα τα οποία ήταν το Α2, Α4, Α8 και Β9. Την μικρότερη ανάπτυξη στο 4% την επέδειξαν το Α5 και το Β5. Τα άτομα που έχασαν βάρος στο διατροφικό επίπεδο 4% ήταν τα Α1, Α3 και Α6.

Αντίστοιχα, από τα (18) ψάρια στο επίπεδο διατροφής 10% την καλύτερη ανάπτυξη την επέδειξαν (6) άτομα τα οποία ήταν το Γ1, Γ5, Γ6, Γ8, Δ1 και το Δ8. Την μικρότερη ανάπτυξη στο 10% την επέδειξαν το Δ3, Δ4 και το Δ9. Το άτομο που απώλεσε βάρος στο διατροφικό επίπεδο 10% ήταν το Δ6. Ο ημερήσιος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR%/ημέρα), (Πιν.5) ήταν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος στα ψάρια που ταΐστηκαν με 10% του ζώντος βάρους ψαριού $0,78 \pm 0,57$, σε σχέση με τη διατροφική ομάδα όπου το επίπεδο διατροφής που χρησιμοποιήθηκε ήταν 4%, $0,33 \pm 0,71$ (t-test, $t=2,102$ $p=0,043$).

Πίνακας 5. Ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR%/ημέρα) και αύξηση βάρους (WG, g), για το *Pterophyllum scalare* όταν τα ψάρια ταΐζονταν με δύο διαφορετικά επίπεδα διατροφής 4% και 10% αντίστοιχα.

	ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ	
	4%	10%
WG (g)	0,18±0,31 ^a	0,42±0,37 ^b
SGR (%/day)	0,33±0,71 ^a	0,78±0,57 ^b

Σημ.: Διαφορετικά γράμματα a, b δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

3.3. Κατανάλωση τροφής και παράμετροι αξιοποίησης της

3.3.1 Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής

Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο επιπέδων διατροφής 4% και 10% που σιτίζονταν τα ψάρια ($t=0,424$ $p=0,674$) (Πιν.6). Η μικρότερη τιμή του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής παρατηρήθηκε στην πειραματική ομάδα που διατρέφονταν με 4% του ζώντος βάρους ψαριού $0,54 \pm 4,10$, παρουσιάζοντας αντίστοιχα μικρότερο συντελεστή αποδόσεως της τροφής (FE) $0,39 \pm 0,70$. Ο συντελεστής αποδόσεως της τροφής της τροφής (FE) δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δυο επιπέδων διατροφής 4% και 10% που σιτίζονταν τα ψάρια (t -test, $t=1,33$ $p=0,74$) (Πιν.6). Τα ψάρια όταν σιτίζονται με 4% του βάρους τους παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη ημερήσια πρόσληψη της τροφής $0,801 \pm 0,40$ g σε σχέση με την ομάδα που τρέφεται με 10% του βάρους όπου παρουσιάζουν μεγαλύτερη ημερήσια πρόσληψη της τροφής $2,94 \pm 0,77$ g, (Πιν.5).

Πίνακας 6 Δείκτες αξιοποίησης και κατανάλωση της τροφής (FCR, FC, DFI, FE) σε δύο επίπεδα διατροφής 4% και 10%.

	ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ	
	4%	10%
Συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR)	0,54 ± 4,10 ^a	0,91 ± 1,09 ^a
Κατανάλωση Τροφής (FC) (g)	0,012 ± 0,01 ^a	0,055 ± 0,02 ^b
Ημερήσια Πρόσληψη τροφής (D.F.I) (%)	0,801 ± 0,40 ^a	2,94 ± 0,77 ^b
Συντελεστής Αποδόσεως της τροφής (FE)	0,39 ± 0,70 ^a	0,31 ± 0,81 ^a

Σημ.: Διαφορετικά γράμματα a, b δηλώνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

Οι μέσοι όροι της ημερήσιας κατανάλωσης της τροφής (FC) στις δυο ομάδες ψαριών που διατρέφονταν με επίπεδο διατροφής 4% και 10% αντίστοιχα παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ($t=7,36$ $p=0$).

3.3.2 Κατανάλωση τροφής

Η κατανάλωση της τροφής, η ποσότητα της χορηγηθείσας τροφής, η ημερήσια κατανάλωση τροφής ανά ψάρι, η ημερήσια κατανάλωση τροφής σε σχέση με το σωματικό βάρος (% επί του σωματικού βάρους) καθώς και η ημερήσια κατανάλωση τροφής ανά γραμμάριο σωματικού βάρους (g/g σ.β) ανά άτομο, παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.

Τα αγγελόψαρα παρουσιάζουν μεγαλύτερη κατανάλωση της τροφής $0,055 \pm 0,02$ g όταν τρέφονται με 10% του μέσου ζώντος βάρους ψαριού σε σχέση με την ομάδα των ψαριών που διατρέφονταν με 4% του ζώντος βάρους ψαριού όπου παρουσίασαν τη μικρότερη κατανάλωση τροφής $0,012 \pm 0,006$ g, και παρουσίασαν σημαντικές στατιστικές διαφορές ($t=7,365$ $p=0$), (Πιν.7).

Πίνακας 7 Δείκτες κατανάλωσης τροφής για το αγγελόψαρο όταν τρέφεται με επίπεδο διατροφής 4% (Α1-Β9) και 10% (Γ1-Δ9) καθ' όλη τη διάρκεια εκτροφής.

Ατομο	Αρχικό βάρος(g)	Ημερήσια κατανάλωση τροφής (F.C) (Ξ.Ο, g)	Ημερήσια ποσότητα χορηγούμενης τροφής (Ξ.Ο, g)	Ημερήσια κατανάλωση τροφής (% σ.β) (g)	Ημερήσια κατανάλωση τροφής (g/g σ.β)	Ημέρες σίτισης
A1	1,300	0,005	0,008	0,394	0,0039	26
A2	1,564	0,018	0,018	0,918	0,0092	26
A3	0,900	0,013	0,019	1,667	0,0167	26
A4	1,800	0,025	0,025	1,033	0,0103	26
A5	1,050	0,008	0,009	0,741	0,0074	26
A6	1,700	0,016	0,020	1,584	0,0158	26
A7	1,230	0,008	0,008	0,494	0,0049	26
A8	1,198	0,005	0,005	0,259	0,0026	26
A9	1,370	0,010	0,012	0,694	0,0069	26
B1	1,310	0,010	0,010	0,676	0,0068	26
B2	1,397	0,013	0,013	0,778	0,0078	26
B3	1,062	0,003	0,003	0,231	0,0023	26
B4	1,234	0,004	0,006	0,328	0,0033	26
B5	1,620	0,012	0,017	0,736	0,0074	26
B6	1,820	0,017	0,023	0,867	0,0087	26
B7	1,863	0,023	0,024	1,045	0,0105	26
B8	1,832	0,023	0,023	1,111	0,0111	26
B9	1,432	0,016	0,016	0,860	0,0086	26
M.O± TA A1-B9	1,427± 0,296	0,012± 0,006	0,014± 0,007	0,801± 0,401	0,008± 0,004	26
Γ1	1,470	0,087	0,099	3,258	0,0326	26
Γ2	1,235	0,041	0,060	2,752	0,0275	26
Γ3	1,583	0,060	0,081	3,158	0,0316	26
Γ4	1,394	0,052	0,071	2,989	0,0299	26
Γ5	1,425	0,084	0,091	3,636	0,0364	26
Γ6	2,001	0,103	0,124	3,576	0,0358	26
Γ7	1,222	0,039	0,060	2,549	0,0255	26
Γ8	1,153	0,050	0,060	3,165	0,0316	26
Γ9	1,323	0,043	0,063	2,774	0,0277	26
Δ1	1,337	0,048	0,070	2,727	0,0273	26
Δ2	1,710	0,075	0,084	4,054	0,0405	26
Δ3	1,257	0,035	0,060	2,612	0,0261	26
Δ4	1,704	0,063	0,090	3,247	0,0325	26
Δ5	1,823	0,078	0,100	3,498	0,0350	26
Δ6	1,523	0,040	0,070	2,878	0,0288	26
Δ7	1,146	0,046	0,060	3,217	0,0322	26
Δ8	1,774	0,010	0,120	0,351	0,0035	26
Δ9	1,097	0,031	0,050	2,520	0,0252	26
M.O± TA Γ1-Δ9	1,454± 0,263	0,055± 0,023	0,078± 0,022	2,942± 0,769	0,029± 0,01	26

Σημ.: MO±TA μέσος όρος ± τυπική απόκλιση τιμών.

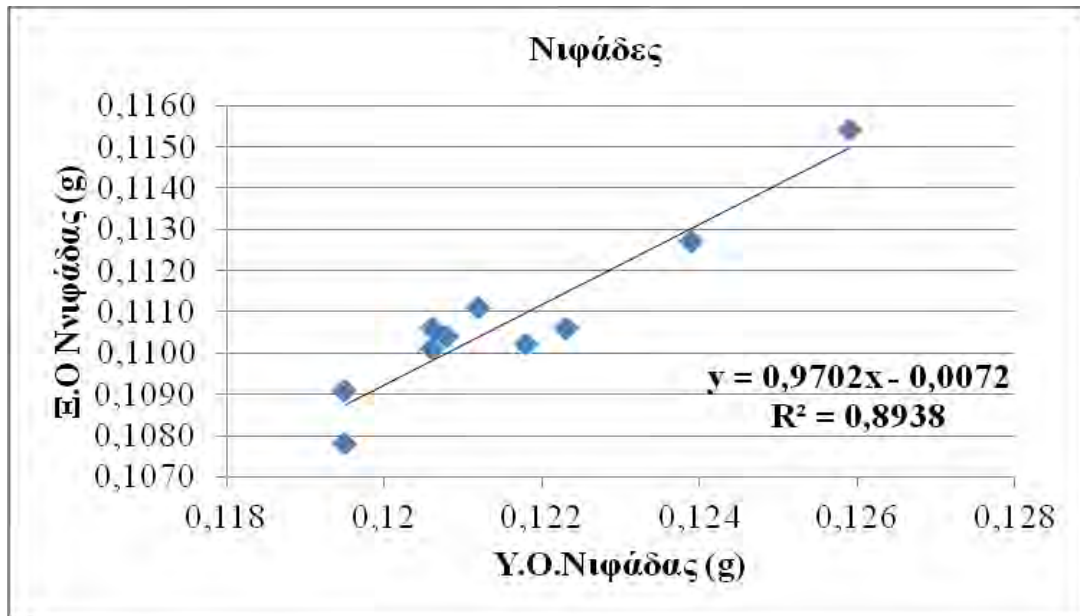
Η ημερήσια κατανάλωση τροφής όταν τα αγγελόψαρα τρέφονταν με 4% του μέσου ζώντος βάρους κυμαίνεται από 0,003-0,025 g (το άτομο Β3 έδειξε τη μικρότερη κατανάλωση και το Α4 τη μεγαλύτερη κατανάλωση) σε σχέση με τα αγγελόψαρα που τρέφονται με 10% του μέσου ζώντος βάρους, όπου η ημερήσια κατανάλωση κυμαίνονταν από 0,010 έως 0,103 g (το άτομο Δ8 έδειξε τη μικρότερη κατανάλωση και το Γ6 τη μεγαλύτερη κατανάλωση) (Πιν.7).

Σε όλα τα άτομα της ομάδας Α και Β όπου διατρέφονταν με επίπεδο διατροφής 4% η μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής (g/g σωματικού βάρους) ήταν $0,008 \pm 0,004$, η οποία ήταν μικρότερη από την μέση ημερήσια κατανάλωση τροφής της διατροφικής ομάδας Γ και Δ, $0,029 \pm 0,023$ όπου το επίπεδο διατροφής ήταν 10%. Η σχέση μεταξύ ΞΟ και υγρής ουσίας (ΥΟ) της νιφάδας και της κατεψυγμένης τροφής, καθορίστηκε μέσω μαθηματικών σχέσεων όπου:

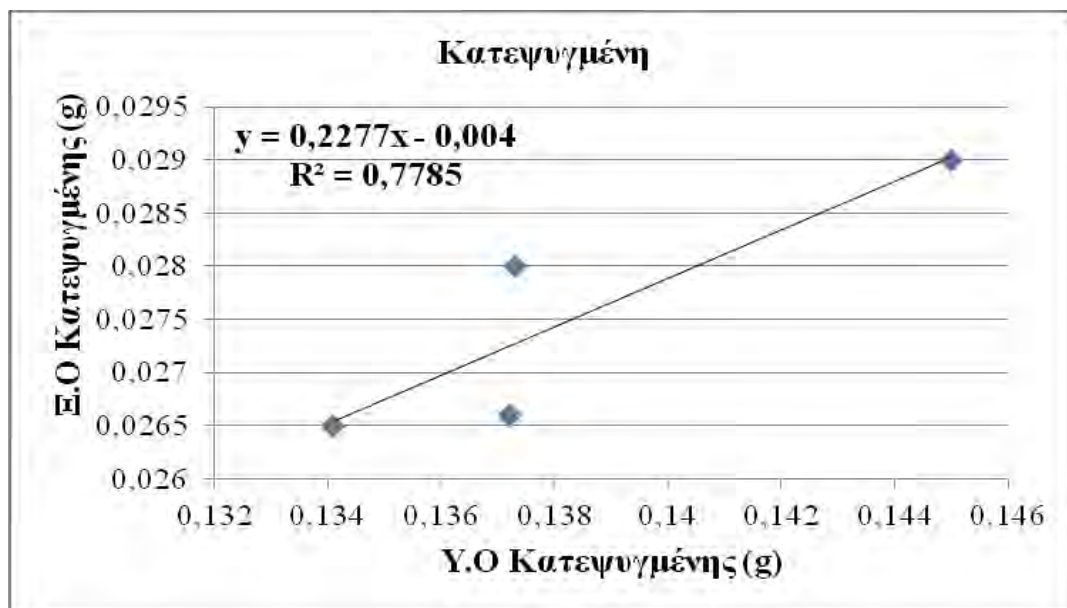
$$\mathbf{\Xi O_{\text{νιφάδας}} (g) = 0,9702 \times \mathbf{Y O_{\text{νιφάδας}} - 0,0072 (R^2=0,90, n=10)}$$

$$\mathbf{\Xi O_{\text{κατεψυγμένου}} (g) = 0,2277 \times \mathbf{Y O_{\text{κατεψυγμένου}} - 0,004 (R^2=0,78, n=10)}$$

Η μαθηματική σχέση μεταξύ της ξηράς και της υγρής ουσίας της νιφάδας και της κατεψυγμένης τροφής αποδίδεται με γραμμική εξίσωση και υπολογίστηκε από προζυγισμένες ποσότητες 10 νιφάδων και 10 κύβων κατεψυγμένης τροφής οι οποίες τοποθετήθηκαν σε φούρνο στους 105°C για 24 ώρες και επαναζυγίστηκαν. Στα Σχήματα 1 και 2, δίνεται η γραμμική συσχέτιση της ξηράς και της υγρής ουσίας της νιφάδας και της κατεψυγμένης τροφής αντίστοιχα.

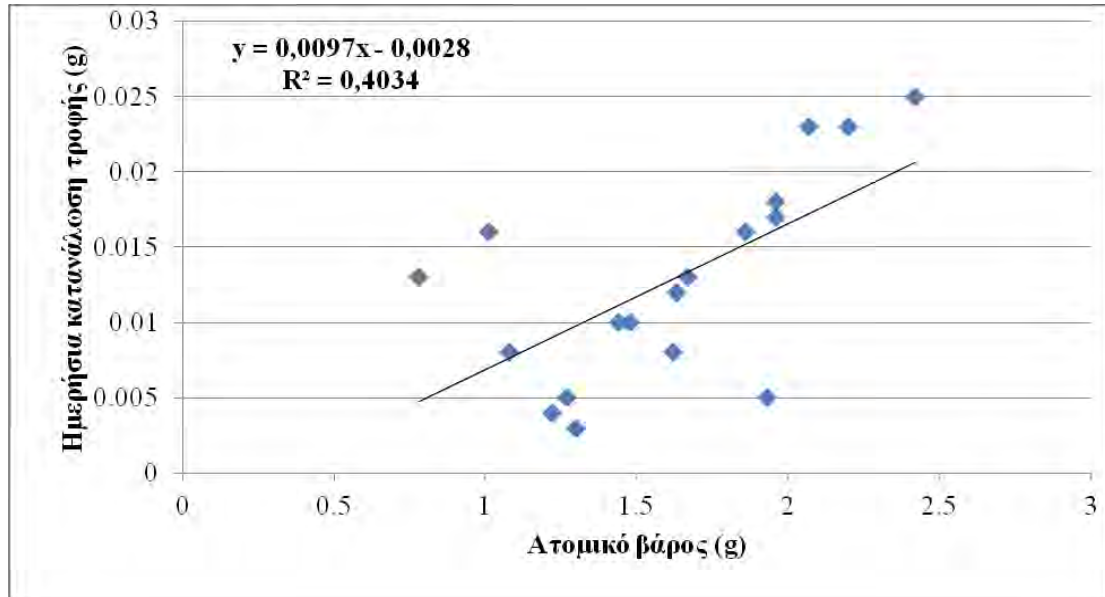


Σχήμα 1: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ξηράς ουσίας (Ξ.Ο) και υγρής ουσίας (Υ.Ο) νιφάδας

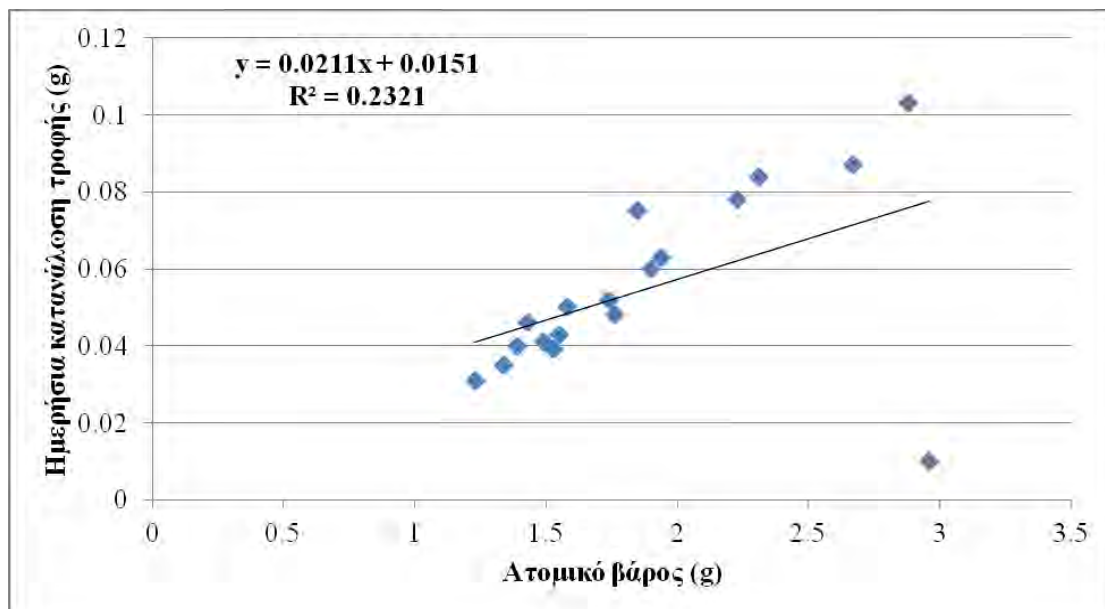


Σχήμα 2: Γραμμική συσχέτιση μεταξύ ξηράς ουσίας (Ξ.Ο) και υγρής ουσίας (Υ.Ο) κατεψυγμένης τροφής

Η συσχέτιση της ημερήσιας κατανάλωσης της τροφής (g) με το σωματικό βάρος των ατόμων αποδίδεται γραμμικά στο 4% σύμφωνα με το Σχήμα 3 και στο 10% σύμφωνα με το Σχήμα 4 .



Σχήμα 3: Γραμμική συσχέτιση ημερήσιας κατανάλωσης τροφής με το σωματικό βάρος για τα αγγελόψαρα που διατρέφονται με επίπεδο διατροφής 4%.



Σχήμα 4: Γραμμική συσχέτιση ημερήσιας κατανάλωσης τροφής με το σωματικό βάρος για τα αγγελόψαρα που διατρέφονται με επίπεδο διατροφής 10%.

Όταν το επίπεδο διατροφής του αγγελόψαρου είναι 4% η συσχέτιση αποδίδεται γραμμικά σύμφωνα με την εξίσωση (Σχ. 3):

Ημερήσια Κατανάλωση τροφής (g) = 0,0097*Ατομικό βάρος (g) – 0,0028 (R²=0.40)

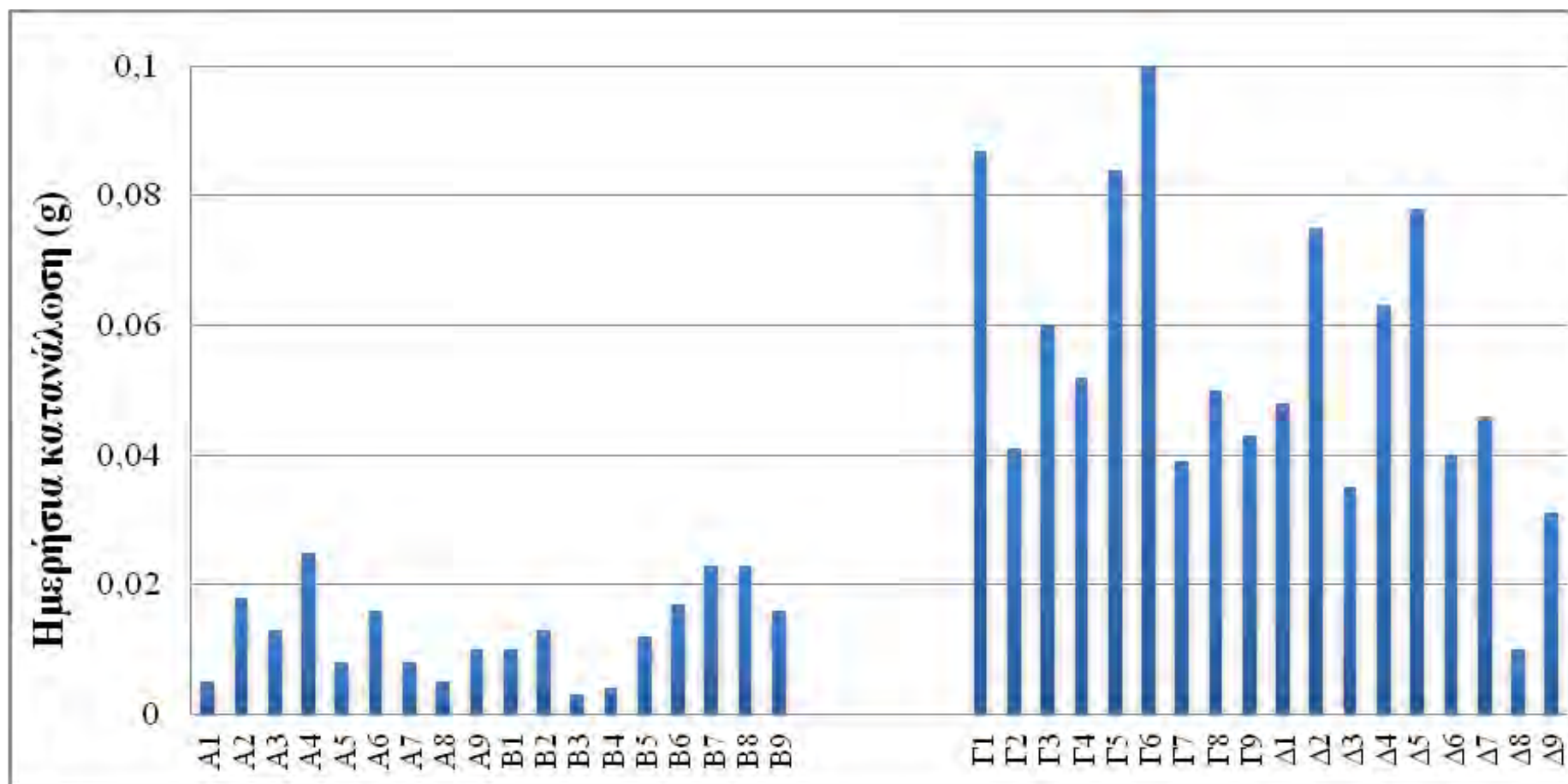
Όταν το επίπεδο διατροφής του αγγελόψαρου είναι 10% η συσχέτιση αποδίδεται γραμμικά σύμφωνα με την εξίσωση (Σχ. 4):

Ημερήσια Κατανάλωση τροφής (g) = 0,0211*Ατομικό βάρος (g)-0,0151 (R²=0.23)

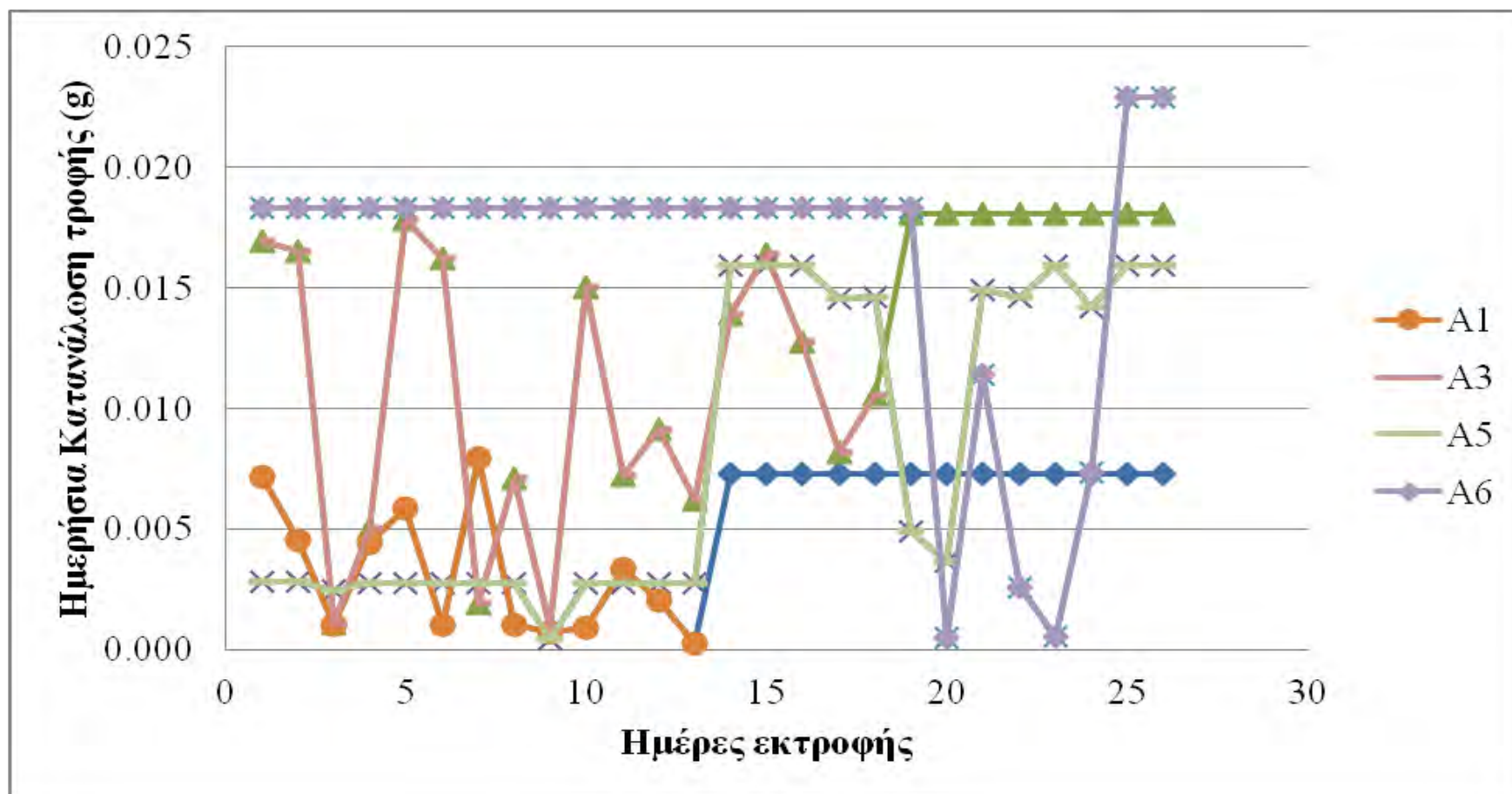
Ο συντελεστής συσχέτισης (R²) δείχνει το ποσοστό της μεταβλητότητας της ημερήσιας κατανάλωσης της τροφής που ερμηνεύεται από το ατομικό βάρος. Όσο πιο ισχυρός είναι ο συντελεστής αυτός τόσο μεγαλύτερη είναι και η συσχέτιση των μεταβλητών. Ο συντελεστής συσχέτισης είναι χαμηλότερος στο επίπεδο διατροφής 10% από τον συντελεστή συσχέτισης στο επίπεδο διατροφής 4%, το οποίο συνεπάγεται πώς η ημερήσια κατανάλωση τροφής των αγγελόψαρων στο διατροφικό επίπεδο 10% επηρεάζεται λιγότερο από το ατομικό τους βάρος.

Σε όλα τα αγγελόψαρα η ημερήσια κατανάλωση τροφής παρουσιάζει αυξομειώσεις. Όταν τα αγγελόψαρα τρέφονταν με 4% κατανάλωσαν το 85,7% της χορηγούμενης ποσότητας τροφής (Σχ. 6 και Σχ. 7), σε αντίθεση με τα αγγελόψαρα που τρέφονταν με 10% του ζώντος βάρους όπου κατανάλωσαν το 70,5% της παρεχόμενης τροφής (Σχ. 8 και Σχ. 9).

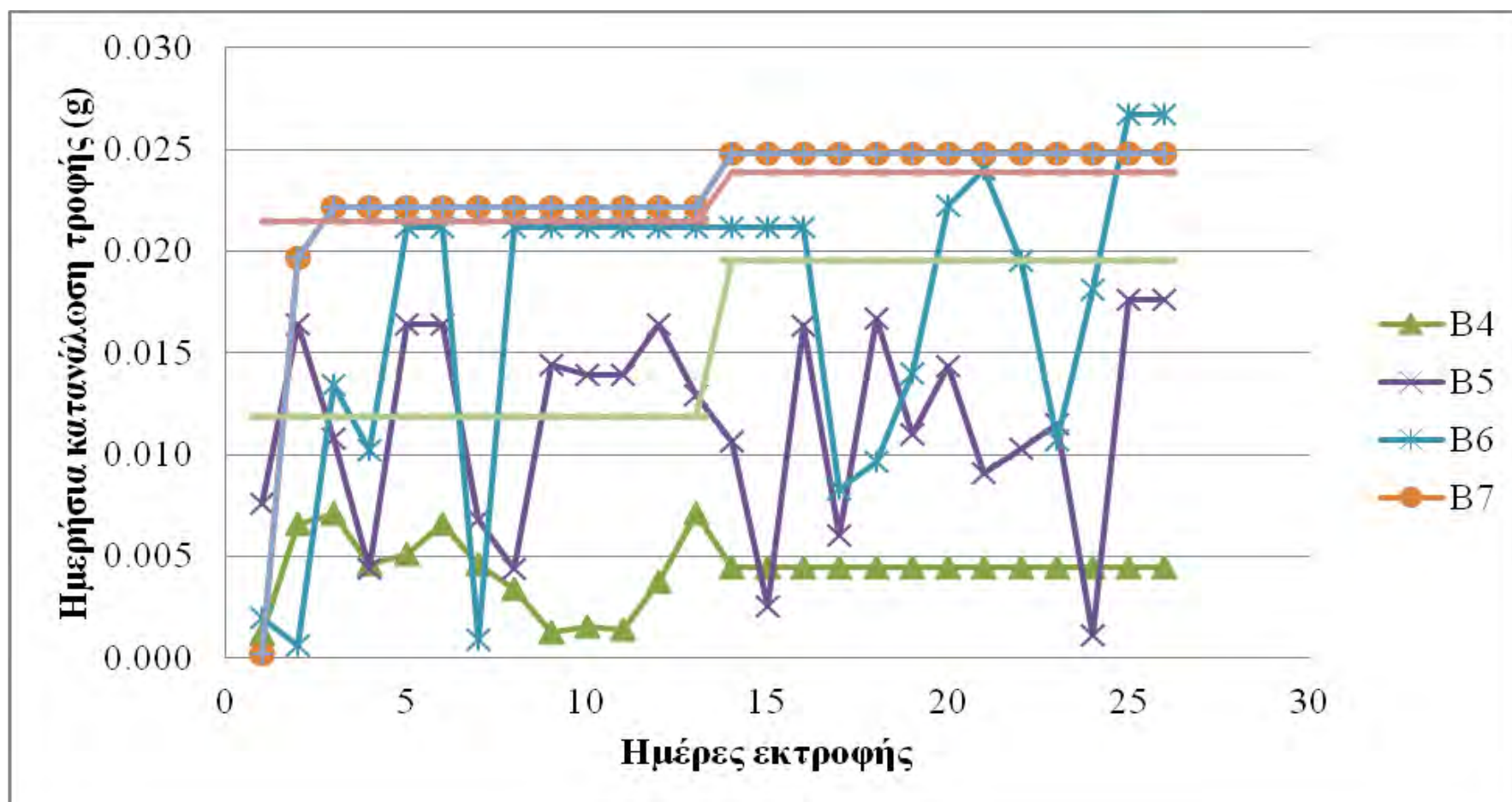
Στο επίπεδο διατροφής 4% τα ψάρια που κατανάλωναν όλη την παρεχόμενη τροφή ήταν: A2, A4, A7, A8, B1, B2, B3, B8 και B9. Στο επίπεδο διατροφής 10% τις πρώτες 15 ημέρες του πειράματος τα ψάρια που επιδείκνυαν καλύτερη κατανάλωση της τροφής ήταν τα Γ8, Δ2, Δ7 και Δ8. Από τις 15-30 ημέρες του πειράματος τα ψάρια που επιδείκνυαν την καλύτερη κατανάλωση τροφή ήταν τα Γ2, Γ8, Δ1 και Δ3. (Σχ.5).



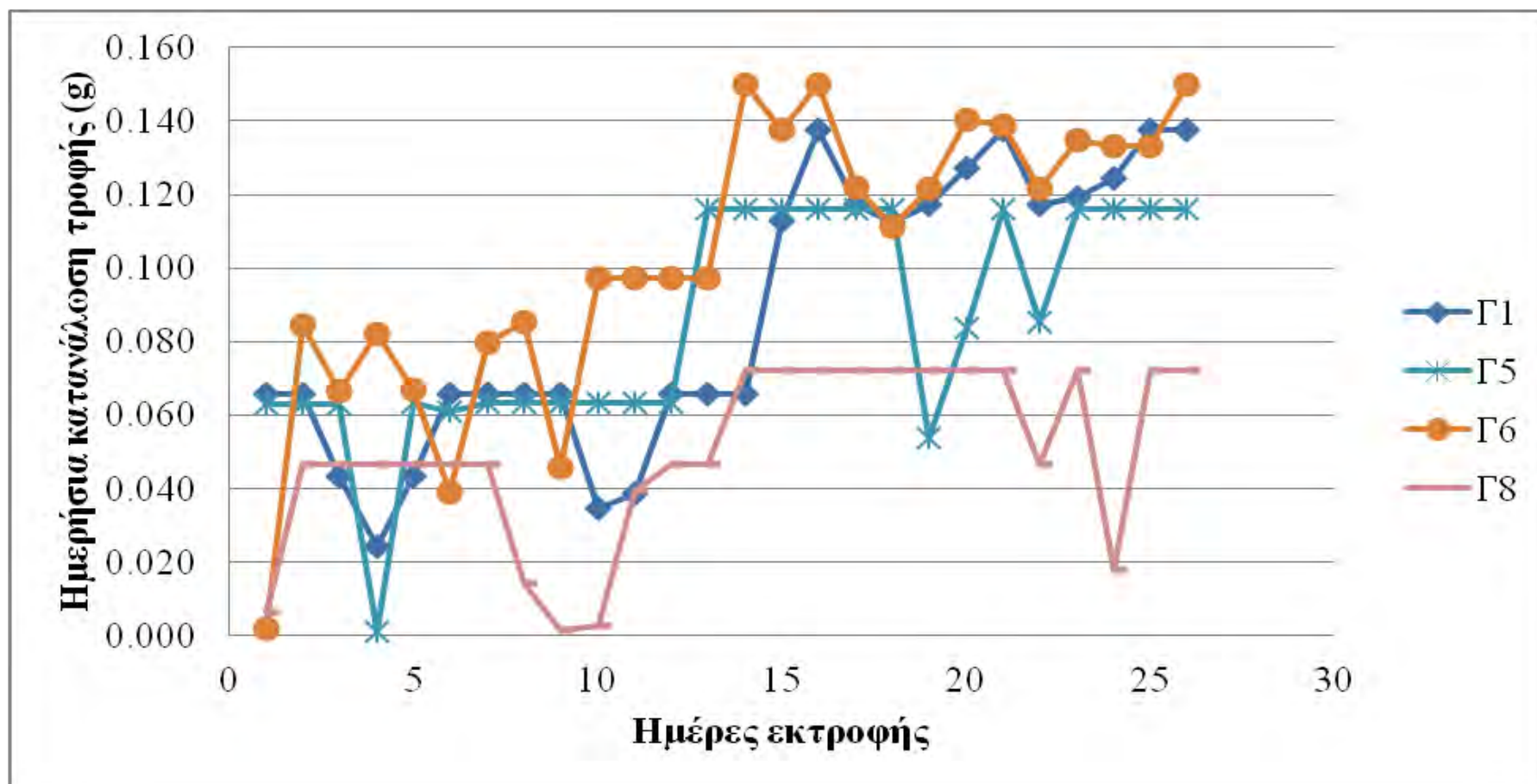
Σχήμα 5: Ραβδόγραμμα διακυμάνσεων της ημερήσιας κατανάλωσης της τροφής των ψαριών της ομάδας με επίπεδο διατροφής 4% (A1-B9) και της ομάδας 10% (Γ1-Δ9).



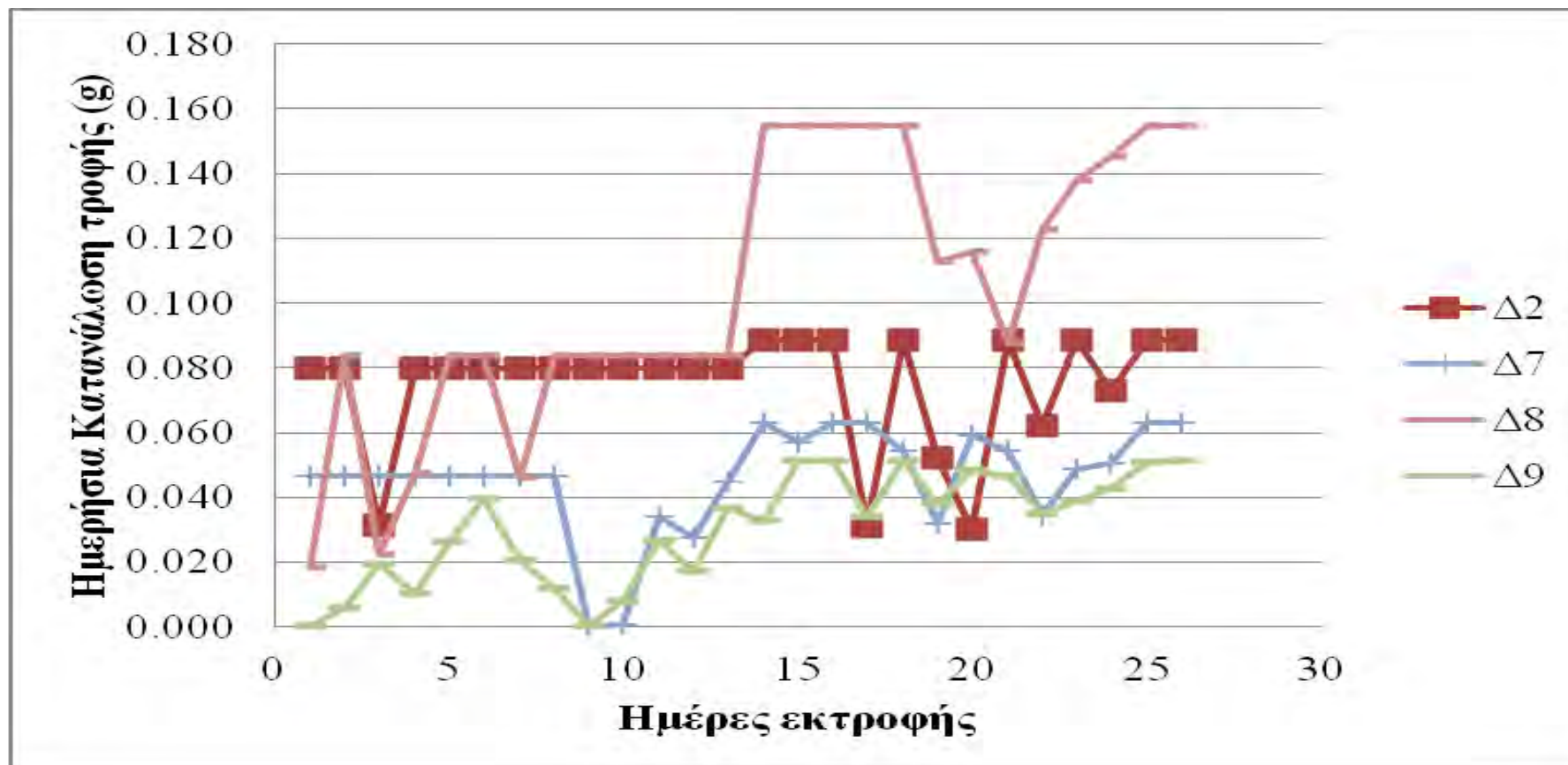
Σχήμα 6: Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης τροφής (g) στα αγγελόγαρα A1, A3, A5 και A6, (επίπεδο διατροφής 4% σ.β). Τα άτομα A2, A4, A7, A8 και A9 κατανάλωσαν όλη την τροφή που τους χορηγήθηκε και δεν συμπεριλαμβάνονται στο σχήμα.



Σχήμα 7: Διακύμανση της ημερήσιας κατανάλωσης τροφής (g) στα αγγελόγαρα B4, B5, B6 και B7, (επίπεδο διατροφής 4% σ.β). Τα άτομα B1, B2, B3 B8 και B9 κατανάλωσαν όλη την τροφή που τους χορηγήθηκε και δεν συμπεριλαμβάνονται στο σχήμα.



Σχήμα 8: Διακύμανση της ημερήσιας ς κατανάλωσης τροφής (g) για τα αγγελόμαρα Γ1, Γ5, Γ6και Γ8, (επίπεδο διατροφής 10% σ.β). Τα άτομα Γ2, Γ3, Γ4, Γ7 και Γ9 κατανάλωσαν λιγότερη τροφή σε σχέση με την χορηγούμενη τροφή και σε σχέση με τα παραπάνω άτομα και δεν συμπεριλαμβάνονται στο σχήμα.



Σχήμα 9: Διακύμανση της ημερήσιας ς κατανάλωσης τροφής (g) για τα αγγελόγαρα Δ1, Δ7, Δ8 και Δ9, (επίπεδο διατροφής 10% σ.β). Τα άτομα Δ1, Δ3, Δ4, Δ5 και Δ6 κατανάλωσαν λιγότερη τροφή σε σχέση με την χορηγούμενη τροφή και σε σχέση με τα παραπάνω άτομα και δεν συμπεριλαμβάνονται στο σχήμα.

3.3.3 Δείκτες εκμετάλλευσης των συστατικών της τροφής

Από τον Πίνακα 7, προκύπτει ότι ο συντελεστής αποδοτικότητας των πρωτεϊνών δεν παρουσίασε σημαντικά στατιστικές διαφορές μεταξύ των δύο διατροφικών επιπέδων ($t=0,554$ $p=0,586$). Η υψηλότερη τιμή του συντελεστή αποδοτικότητας των πρωτεϊνών εμφανίστηκε στη διατροφική ομάδα που χορηγούνταν τροφή 4% του μέσου βάρους ψαριού $3,82 \pm 6,75$, σε σχέση με τα ψάρια που σιτίζονταν με 10% του μέσου ζώντος βάρους ψαριού (Πιν.8).

Πίνακας 8 Συντελεστής αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (PER) του αγγελόψαρου *Pterophyllum scalare*, στα δύο επίπεδα διατροφής.

	ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ	
	4%	10%
Συντελεστής αποδοτικότητας πρωτεϊνών (P.E.R)	$3,82 \pm 6,75^a$	$2,90 \pm 2,08^a$

Σημ.: Όμοια γράμματα a δηλώνουν μη στατιστικές σημαντικές διαφορές.

3.4 Θρεπτική σύσταση του σώματος

Στον Πίνακα 8 απεικονίζονται οι μέσοι όροι των ποσοστών (%) υγρασίας, τέφρας, πρωτεϊνών και λίπους της σάρκας του αγγελόψαρου. Ο μέσος όρος των πρωτεϊνών ήταν 17% και στα δύο τροφικά επίπεδα σίτισης (Πιν.8). Όταν το αγγελόψαρο σιτίζοταν με 4% του μέσου ζώντος βάρους, παρατηρήθηκε μια τάση μείωσης της περιεκτικότητας σε λίπος (Πιν.9). Δεν υπήρξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη θρεπτική σύσταση του σώματος όταν τα αγγελόψαρα ταΐζονταν είτε με 4% είτε με 10% του ζώντος βάρους ψαριού.

Πίνακας 9: Θρεπτική σύσταση σάρκας σε πρωτεΐνη, λίπος, τέφρα και υγρασία στα δύο επίπεδα διατροφής 4% και 10%.

	ΕΠΙΠΕΔΟ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ	
	4%	10%
Πρωτεΐνη (%)	17,13±0,4 n=3	16,86±0,08 n=3
Λίπος (%)	3,27±0,09 n=2	3,88±0,02 n=2
Τέφρα (%)	3,27±0,13 n=2	3,47±0,02 n=2
Υγρασία (%)	23,37±0,00 n=1	23,37±0,00 n=1

Σημ.: Με τον όρο (n) συμβολίζουμε τον αριθμό δειγμάτων για κάθε μέτρηση με ομογενοποιημένα δείγματα 18 ατόμων στο επίπεδο διατροφής 4% και 10% αντίστοιχα.

Σημ.: ΜΟ±ΤΑ μέσος όρος ± τυπική απόκλιση τιμών.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι δείκτες που συμβάλλουν στην αποτίμηση των αποτελεσμάτων των διατροφικών αγωγών κατά τη διάρκεια μιας εκτροφής είναι: α) οι συντελεστές ανάπτυξης των ψαριών όπως, η αύξηση βάρους (WG) και ο ημερήσιος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR % / ημέρα), β) οι συντελεστές αξιοποίησης της πρωτεΐνης που προσλαμβάνονται κατά την κατανάλωση της τροφής, όπως: ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR), ο συντελεστής αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (PER) και η κατανάλωση τροφής (F.C) (Bahadir-Koka *et al.* 2009, Παπουτσόγλου 2008).

Σε όλα τα πειραματικά ενυδρεία της παρούσας εργασίας δεν παρουσιάστηκε θνησιμότητα. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με εκείνα των Vlachos *et al* (2008), Bahadir-Koka (2009), Garcia-Ulloa & Gomez-Romero (2005), όπου τα αγγελόψαρα παρουσιάζουν μηδενικούς ρυθμούς θνησιμότητας όταν τράφηκαν με εμπορικές τροφές.

Οι Lim *et al* (2002), αναφέρουν ότι η ανθεκτικότητα των ψαριών στο stress, μεταξύ των άλλων επηρεάζεται από την ποιότητα του νερού εκτροφής, τις ελλείψεις στη διατροφή και την προδιάθεση του ψαριού σε ασθένειες. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού όπως τα νιτρώδη ιόντα σε όλη τη διάρκεια του πειράματος διατηρήθηκαν σχεδόν σε μηδενικά επίπεδα, ενώ τα νιτρικά ιόντα κυμάνθηκαν από 23 έως 22,4 mg/L, αντίστοιχα (Παράρτημα). Το pH:6,5-7,4, T:29°C, διαλυμένο οξυγόνο: 8,19-8,21mg/L διατηρήθηκαν σε σταθερά επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος για το αγγελόψαρο, *P. scalare*, χωρίς να αποκλίνουν από το εύρος των τιμών pH:6,3-8,0 T:29°C, διαλυμένο οξυγόνο: 8,10-8,30mg/L που προτείνεται από

τους Axelrod *et al* (1997), Axelrod & Sweeney (1992), Maitre-Allain & Piednoir (2009) για εκτροφή των διακοσμητικών ψαριών σε ενυδρεία.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης για όλο το διάστημα της πειραματικής εκτροφής (26 ημερών) του αγγελόψαρου, *P. scalare*, υπάρχει επίδραση του διαφορετικού επιπέδου διατροφής στην ανάπτυξη του είδους.

Στην παρούσα εργασία διαπιστώθηκε ότι η τροφή, καταναλώθηκε με μεγάλη προθυμία από τα ψάρια που τρέφονταν με 10% του μέσου ζώντος βάρους ψαριού παρουσιάζοντας μεγαλύτερο βάρος $1,88 \pm 0,53$ g και μήκος $3,76 \pm 0,33$ cm σε αντίθεση με τα άτομα που τρέφονταν με 4% του μέσου ζώντος βάρους ψαριού όπου παρουσίασαν μικρότερη τιμή στο μέσο βάρος $1,61 \pm 0,45$ g και στο μέσο ολικό μήκος $3,63 \pm 0,33$ cm.

Σε ότι αφορά την αύξηση του βάρους (WG), τα ψάρια παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη αύξηση όταν διατρέφονταν με 10% του ζώντος βάρους τους ($0,42 \pm 0,37$ g), σε σχέση με τα ψάρια του διατροφικού επιπέδου 4% ($0,18 \pm 0,31$ g). Τα παραπάνω αποτελέσματα της παρούσης μελέτης για την αύξηση βάρους στο επίπεδο διατροφής 10%, συμφωνούν με εκείνα των Vlachos *et al* (2008), όπου τα ψάρια παρουσίασαν υψηλότερη αύξηση βάρους ($0,74 \pm 0,04$ g), όταν χορηγούνταν ως τροφή νιφάδες, σε συνδυασμό με κατεψυγμένη τροφή για διάστημα 60 ημερών, σε επίπεδο διατροφής 5% και θερμοκρασία 29° C.

Επίσης, οι Kasiri *et al* (2011), στην ερευνά τους, καταδεικνύουν ότι το αγγελόψαρο παρουσίασε αύξηση στο βάρος $2,88 \pm 0,12$ g, όταν σιτίζονταν 4 φορές την ημέρα με σύμπηκτα περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη 54% μέχρι κορεσμού για 90 ημέρες, έναντι των υπολοίπων διατροφικών αγωγών που αποτελούνταν από σύμπηκτα (extruder) και σύμπηκτα (extruder) εμπλουτισμένα με levamisole. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας για την αύξηση του βάρους $0,42 \pm 0,37$ δεν συμφωνούν με εκείνα των Kasiri *et al* (2011). Υπάρχουν όμως και αρκετές διαφορές

μεταξύ των δύο εργασιών, όπως για παράδειγμα στην παρούσα εργασία ταΐζονταν τρεις φορές την ημέρα με ποσοστό πρωτεΐνης $39,96 \pm 0,70$ % και για διάστημα 26 ημερών, σε αντίθεση με εκείνα των Kasiri *et al* (2011) όπου το ποσοστό της πρωτεΐνης ήταν 54% με τέσσερα διαφορετικά προγράμματα διατροφής (F1 τέσσερεις φορές την ημέρα τάλισμα, F2 δύο φορές την ημέρα, F3 μια φορά την ημέρα, F4 μέρα παρά μέρα) για διάστημα (90) ημερών.

Ο ημερήσιος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR % / ημέρα), ήταν $0,78 \pm 0,57$ % για την ομάδα που διατράφηκε με 10% του μέσου βάρους ψαριού και $0,33 \pm 0,71$ % για την ομάδα των ψαριών που διατράφηκε με 4% του ζώντος βάρους ψαριού στους 29° C. Ο ημερήσιος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης $0,78 \pm 0,57$ στο επίπεδο διατροφής 10% συμφωνεί με τον ημερήσιο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης $0,74 \pm 0,04$ των Vlachos *et al* (2008), όπου τα αγγελόψαρα σιτίζονταν με νιφάδες 5% του ζώντος βάρους σε θερμοκρασία 29° C. Στο ίδιο πείραμα και σε θερμοκρασία 25° C, τα αγγελόψαρα έδειξαν μικρότερο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης $0,72 \pm 0,10$ όταν σιτίζονταν με 5% του ζώντος βάρους ψαριού, σε σχέση με την ομάδα του παρόντος πειράματος όπου τα αγγελόψαρα τρέφονταν με 4% του μέσου ζώντος βάρους ψαριού δείχνοντας μικρότερο ημερήσιο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης ($0,33 \pm 0,71$). Ο μικρός ημερήσιος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης, πιθανών να οφείλεται στις πρώτες 15 ημέρες του πειράματος, όπου τα ψάρια είχαν χαμηλά ποσοστά στην κατανάλωση της τροφής.

Οι Verreth & Den Bieman (1987), διαπίστωσαν ότι ο ημερήσιος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης μειώνεται με την αύξηση του μεγέθους του ψαριού, εφόσον ο μεταβολισμός του ψαριού μειώνεται όταν το μέγεθος του ψαριού αυξάνεται.

Οι Kasiri *et al* (2011), στην έρευνά τους καταδεικνύουν τη σημαντικότητα της συχνότητας των γευμάτων στην ανάπτυξη και στον ρυθμό επιβίωσης του τροπικού αγγελόψαρου μέσου βάρους $0,87 \pm 0,02$ g. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνάς τους, τα αγγελόψαρα παρουσιάζουν καλύτερο συντελεστή μετατρεψιμότητας της

τροφής (FCR), όταν ο αριθμός των γευμάτων είναι 2 έως 4 σε σχέση με ένα γεύμα την ημέρα.

Τα αποτελέσματα της παρούσης μελέτης συμφωνούν στον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) $0,91 \pm 1,09$ διατροφικού επιπέδου 10% με εκείνα των Garcia-Ulloa & Gomez-Romero (2005), όπου ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής σε επίπεδο διατροφής 8% του ζώντος βάρους ψαριού ήταν, $1,26 \pm 0,01$. Η διάρκεια του πειράματος των Garcia-Ulloa & Gomez-Romero (2005) ήταν 60 ημέρες.

Στην παρούσα μελέτη, ο συντελεστής απόδοσης της τροφής (FE) όταν τα αγγελόψαρα τρέφονταν με 10% του μέσου ζώντος βάρους ήταν υψηλότερος ($0,31 \pm 0,81$), σε αντίθεση με το επίπεδο διατροφής 4% που ο συντελεστής απόδοσης της τροφής (FE) ήταν ($0,39 \pm 0,70$) χωρίς όμως να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά.

Η τροφή είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει την ανάπτυξη και το μεταβολισμό του ψαριού (Raja 2009). Η επιτυχία, εξαρτάται κυρίως από την επιλογή των τροφών οι οποίες περιέχουν όλα τα απαραίτητα συστατικά όπως πρωτεΐνη και υδατάνθρακες και τον σωστό τύπο τροφής που θα χορηγηθεί. Το προσωρινό κόστος της διατροφής είναι ένας σημαντικός παράγοντας και ποικίλλει σύμφωνα με το μέγεθος, την ποιότητα και την ταχύτητα βύθισης της τροφής στο ενυδρείο (Raja 2009).

Ο ακριβής προσδιορισμός των απαιτούμενων επιπέδων σε πρωτεΐνες στα διακοσμητικά είδη εκτρεφόμενων ψαριών δεν έχει μελετηθεί επαρκώς (Degani 1993, Soriano-Salazar & Hernandez-Ocampo 2002). Όταν τα διακοσμητικά ψάρια τρέφονται με τροφές υψηλές σε πρωτεΐνες τότε παρουσιάζουν καλύτερη ανάπτυξη (Degani 1993). Οι Zuanon *et al.* (2006), αναφέρουν ότι τροφές με πρωτεΐνη της τάξης του 34% μπορούν να καλύψουν τις διατροφικές ανάγκες του νεαρού αγγελόψαρου με μέσο βάρος $0,44 \pm 0,05$ g. Στην παρούσα μελέτη η περιεκτικότητα της τροφής σε

πρωτεΐνη είχε χαμηλό ποσοστό 39,96%, σύμφωνα με το εύρος τιμών (40%-54%) που αναφέρονται στους Garcia-Ulloa & Gomez-Romero (2005), NRC (1993). Συμφωνεί όμως με το ποσοστό των Zuanon *et al.* (2006) που είχε εύρος (34%-38%).

Η σχέση μεταξύ της πεπτικότητας και της βιοχημικής σύστασης της τροφής λαμβάνεται ως κριτήριο επιλογής εξαιτίας της σχέσης που υπάρχει μεταξύ του μεταβολισμού και διατήρησης της πρωτεΐνης (Παπουτσόγλου 2008). Η πρωτεΐνη είναι το πιο σημαντικό ενεργειακό συστατικό για την ανάπτυξη του ψαριού (Halver 1972).

Στην παρούσα μελέτη η μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή απόδοσης των καταναλωθεισών πρωτεϊνών (PER) εμφανίζεται όταν τα ψάρια σιτίζονται με 4% του μέσου ζώντος βάρους ($3,82 \pm 6,75$). Όταν το επίπεδο διατροφής είναι 10%, ο συντελεστής απόδοσης των καταναλωθεισών πρωτεϊνών είναι ($2,90 \pm 2,08$) και δεν υπάρχουν σημαντικά στατιστικές διαφορές μεταξύ των δύο διατροφικών ομάδων.

Η κατανάλωση της τροφής (FC) από τα νεαρά αγγελόψαρα ήταν στατιστικά σημαντικά υψηλότερη όταν τα ψάρια σιτίζονταν με 10% του ζώντος βάρους ψαριού ($0,055 \pm 0,02$ g), σε αντίθεση με όταν τα νεαρά αγγελόψαρα σιτίζονταν με 4% του ζώντος βάρους σώματος, όπου παρουσίασε τη μικρότερη ($0,012 \pm 0,01$ g). Η κατανάλωση της τροφής στα διακοσμητικά ψάρια δεν έχει μελετηθεί εκτενώς. Είναι η πρώτη μελέτη που εξετάζει σε ατομικό επίπεδο την κατανάλωση της τροφής σε διαφορετικά τροφικά επίπεδα 4% και 10%, αντίστοιχα. Σε όλα τα ενυδρεία, παρατηρήθηκε αύξηση της κατανάλωσης της τροφής το δεύτερο δεκαπενθήμερο του πειράματος. Το γεγονός αυτό ίσως να οφείλεται στο stress των ψαριών. Τέλος, η διατροφή των ψαριών της παρούσας εργασίας σε επίπεδο 4% φαίνεται να έχει χαμηλότερη απόδοση στην ανάπτυξη των νεαρών *P. scalare*, σε σχέση με το επίπεδο διατροφής του 10%, ωστόσο απαιτείται εκτεταμένη έρευνα σε ότι αφορά στη φυσιολογία της θρέψης του ψαριού αυτού, σχετικά με τις τεχνικές σίτισης, τον τύπο της

τροφής, το επίπεδο διατροφής και τις στρατηγικές που χρησιμοποιούνται σε κάθε διατροφική αγωγή.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να εξετάσει την κατανάλωση της τροφής, την επίδραση του διαφορετικού επιπέδου διατροφής (4% και 10%), την επιβίωση και την ανάπτυξη του αγγελόψαρου *P. scalare*

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι:

- Η ημερήσια κατανάλωση της τροφής (FC) είναι στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερη όταν το επίπεδο διατροφής είναι 10%, σε σχέση με την ομάδα που τρέφεται με 4% του ζώντος βάρους ψαριού.
- Ο ημερήσιος ειδικός ρυθμός ανάπτυξης (SGR % / ημέρα) και η αύξηση βάρους (WG), είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότεροι όταν τα αγγελόψαρα τρέφονταν με το 10% $0,78 \pm 0,57g$ και $0,42 \pm 0,37g$, αντίστοιχα, σε σχέση με το επίπεδο διατροφής 4% που ήταν $0,33 \pm 0,71g$ και $0,18 \pm 0,31g$.
- Τα αγγελόψαρα παρουσιάζουν καλύτερο συντελεστή αποδόσεως της τροφής (FE) όταν η χορηγούμενη ποσότητα τροφής είναι σε επίπεδο διατροφής 4% ($0,39 \pm 0,70$) σε σχέση με εκείνα του επιπέδου διατροφής 10% ($0,31 \pm 0,81$) χωρίς να παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.
- Ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) είναι μικρότερος ($0,51 \pm 4,10$) όταν η χορηγούμενη ποσότητα τροφής είναι 4%, σε σχέση με τα ψάρια επιπέδου διατροφής 10% ($0,91 \pm 1,09$) χωρίς να εμφανίσει στατιστικά σημαντική διαφορά.
- Η μεγαλύτερη τιμή του συντελεστή αποδοτικότητας της πρωτεΐνης (PER) εμφανίστηκε στη διατροφική ομάδα που χορηγούνταν τροφή ίση με το 4% του μέσου βάρους ψαριού ($3,82 \pm 6,75$) σε σχέση με του

επιπέδου διατροφής 10% ($2,90 \pm 2,08$) χωρίς να εμφανίσει στατιστικά σημαντική διαφορά.

- Η ημερήσια πρόσληψη της τροφής εμφανίζει στατιστικά σημαντική μεγαλύτερη διαφορά στο επίπεδο διατροφής του 10% ($2,94 \pm 0,77\%$), σε σχέση με το επίπεδο διατροφής στο 4% ($0,80 \pm 0,40\%$).
- Στο επίπεδο διατροφής 4% τα ψάρια που κατανάλωναν σχεδόν όλη την παρεχόμενη τροφή ήταν καθόλη την διάρκεια του πειράματος ήταν: A2, A4, A7, A8, B1, B2, B3, B8 και B9.
- Στο επίπεδο διατροφής 10% στο πρώτο μισό του πειράματος (15 ημέρες) τα ψάρια που επιδείκνυαν καλύτερη κατανάλωση στην τροφή ήταν: Γ8, Δ2, Δ7 και Δ8. Ενώ στο δεύτερο μισό του πειράματος τα ψάρια που επιδείκνυαν καλύτερη κατανάλωση στην τροφή ήταν: Γ2, Γ8, Δ1 και Δ3.
- Τέλος, το επίπεδο διατροφής του αγγελόψαρου επηρεάζει την κατανάλωση της τροφής, την αύξηση βάρους και τον ημερήσιο ειδικό ρυθμό ανάπτυξης. Ωστόσο απαιτείται εκτεταμένη έρευνα σε ότι αφορά στη φυσιολογία της θρέψης του ψαριού αυτού, σχετικά με τις τεχνικές σίτισης, τον τύπο της τροφής, τη συχνότητα χορήγησης της τροφής και τις στρατηγικές που χρησιμοποιούνται σε κάθε διατροφική αγωγή.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

I. Αγγλική βιβλιογραφία

Alkins-Koo M. (2000) Reproductive timing of fishes in a tropical intermittent stream. *Environmental Biology of Fishes*, 57:49-66

Association of Official Agricultural Chemist (A.O.A.C). (1990) Official methods of analysis of AOAC international. Published by Journal of AOAC International, Eds. W, Horwitz, G.W.Lotimar. Maryland, USA, pp 82

Axelrod R.H, Sweeney E.M. (1992) *The Fascination of Breeding Aquarium Fish*. T.F.H. Publications, Inc, Plaza, Neptune City. United States

Axelrod H. R., Burgess W. E., Pronek N, Walls J. G. (1997) *Dr. Axelrod's Atlas of Freshwater Aquarium Fishes*. T. F. H. Publications, Inc. New Jersey, USA, pp 1152

Baerends and Baerends-van Roon (1950) An introduction to the study of the ethology of cichlid fishes. *Behavior supply* 1:233-366

Bahadir Koka.S, Diler I, Dulluc A, Yigit N.O, Bayrak H. (2009) Effect of different feed types and feed conversion ratio of angelfish (*Pterophyllum scalare*, Lichtenstein 1823). *Journal of Applied Biological Sciences*, 3: 6-10

Ballaa R. El. (2009) Anti-predatory behavior of wild vs captive freshwater Angelfish, *Pterophyllum scalare*. Honours project Thesis (EVS4009). University Ottawa Canada

Barley A., Coleman M.R. (2010) Habitat structure directly affects aggression in convict cichlids *Archocentrus nigrofasciatus*. *Current Zoology*, 56 (1):52-56

Bergman H. (1986) Eine descriptive Verhaltensanalyse des Segelflossers (*Pterophyllum scalare* (Cu. & Val.) (Cichlidae, Pisces). *Z. Tierpsychol*, 25:559-587

Blummer L.S. (1979). Male parental care in the bony fishes. *Quarterly Review of Biology*, 54:179-161

Breder C. M., Rosen D. E. (1966) *Modes of Reproduction in Fishes*. New York: Natural History Press. Fryer, G., Iles, T. D. 1972. *The Cichlid Fishes of the Great Lakes of Africa*. Neptune City, N.J:T.F.H. Public

Cacho MSRF., Yamamoto M.E., Chellappa. (2005) Mating system of the amazonian cichlid angel fish, *Pterophyllum scalare* *Brazilian Journal of Biology*, 67(1):161-165

Cacho. R.F.M., Chellappa S, Yamamoto M.E. (2006) Reproductive and female preference in the Amazonian cichlid angel fish, *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein. 1823). *Neotropical Ichthyology*, 4(1):87-91

Cheong L. (1996) Overview of the current international trade in ornamental fish with special reference to Singapore. *Revue Scientifique Technique. Preventing the Spread of Aquatic Animal Diseases*. In: B. J. Hill, T. Hastein. (eds). Office International des Epizooties, France, 15: 445-81

- Chien A.K., Salmon M. (1972). Reproductive behaviour of the angelfish, *Pterophyllum scalare*. A quantitative analysis of spawning and parental behaviour. *Forma and Functio*, 5:45-74
- Crampton G.R.W. (2008) Ecology and life history of an Amazon floodplain cichlid: the discus fish *Symphysodon* (Perciformes: Cichlidae). *Neotropical Ichthyology*, 6(4):599-612
- Degani G., (1993) Growth and body composition of juvenile *Pterophyllum scalare* (Lichtenstein) (Pisces; Cichlidae) at different densities and diets. *Aquaculture and Fisheries Management*, 24:725-730
- Degani G., Yehuda Y. (1996) Effects of diets on reproduction of angelfish, *Pterophyllum scalare* (Cichlidae). *Indian Journal of Fish*, 43(2):121-126
- Ferraz de Oliveira E. (1995) A studies on parasites of ornamental fish from South America with particular reference to their pathogenicity and potential for transfaunation. PhD Thesis, University of Stirling
- Figuroa T.J., Berrum R.G., Luna F.J. (1977) Reproduccion del pez angel *Pterophyllum scalare*, var. Perlada, V Congreso Nacional de Ictiologia, Mazatlan Sinaloa, Mexico, pp 109
- Fryer G., Iles T.D. (1972) The cichlid fishes of the great lakes of Africa: their biology and evolution. Oliver and Boyd, Edinburgh UK, p. 594-610
- Garcia-Ulloa M., Gomez-Romero H.J. (2005) Growth of angel fish *Pterophyllum scalare* juveniles fed inert diets. *Avances en Investigacion Agropecuaria*, 9(3): 49-60
- Grant J.W.A., Girard I.L., Breau Weir. K.L. (2002) Influence of food abundance on competitive aggression in juvenile convict cichlids. *Animal Behaviour*, 63:323-330
- Gross M.M., Sargent R.C. (1985) The evolution of male and female parental care in Fishes. *American Zoologist*, 25:807-822
- Guillaume J., Kaushik S., Bergot P., Metailler R. (2001) Nutrition and Feeding of Fish and Crustaceans. Springer-Praxis Books in Aquaculture and Fisheries, London, UK pp 408
- Halver J. E., (1972). Fish Nutrition. Academic Press, London, UK, pp 223
- Hoffer R. (1985) Effects of artificial diets on the digestive process of fish larvae. Nutrition and Feeding of Fish. In: C.Cowey, A.Mackie and J.Bell. Academic Behaviour, 63:323-330
- Houlihan D., Boujard T., Jobling M. (2001) Food Intake in Fish. 2nd Edition, In:Published by Blackwell Science Ltd,London
- James S,A., Reis R.E. (2011) Historical Biogeography of Neotropical freshwater Fishes. University of California Press. Retrieved 28 June 2011, p.308

- Kasiri M., Farah A., Sudagar M. (2011) Effects of feeding frequency on growth and survival rate of angel fish, *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae). Veterinary Research Forum, 2(2):97-102
- Kato T. (1978) Relation of growth to age maturity and egg characteristics in kokanee salmon (*Oncorhynchus nerka*). Bull. Freshwat. Fish. Res.Lab., 28: 61-75
- Keenleyside M.H.A. (1991) Parental Care, in Cichlid Fishes: Behaviour, Ecology and Evolution, Keenleyside, M.H.A.L. *et al.*, (eds), London: Chapman Hall. (1991)
- Knop D. Moorhead J. (2012) Ornamentals. In: Lucas, J.S. and Southgate, P.C. (eds) Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants. Blackwell, Oxford, p 583-605
- Kraul S. (2006) Live Food for Marine Fish Larvae. In: L. Elizabeth Cruz Suarez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G, Nieto Lopez, David A. Villarreal, Ana C.Puello Cruz y Armando Garcia Ortega. (eds). Avances en Nutricion acuicola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutricion Acuicola 15-17 Noviembre. Universidad Autonoma de Nuevo Leon, Monterrey, Nuevo Leon, Mexico. ISBN 970-694-333-5
- Lehtonen K.T., Lindstrom K. (2008) Density dependent sexual selection in the monogamous fish *Archocentrus nigrofasciatus*, Synthesising Ecology 117:867-874
- Liddicoat M. I., Tbbits S., Butler E I. (1974) The determination of ammonia in seawater. Limnology and Oceanography 20:131:132
- Lim L. C., Cho Y. L., Dhert P., Wong C.C., Nelis H., Sorgeloos P. (2002) Use of decapsulated Artemia cysts in ornamental fish culture. Aquaculture Research, 33:575-589
- Lim L.C., Wong C.C. (1997) Use of the rotifer, *Brachionus calyciflorus* Pallas, in Freshwater ornamental fish larviculture. Hydrobiologia, 358:269-273
- Luna-Figuerora J. (1999) Influencia de alimento vivo sobre la reproduccion y el crecimiento del pez angel *Pterophyllum scalare* (Pirciformes: Cichlidae):Acta Universitaria, 1:21-29.
- Luna-Figuerora J., Figuerora T J.Y., Hernandez de la Rosa L.P. (2000). Efecto de alimentos con diferente contenido proteico en la reproduccion del pez angel, *Pterophyllum scalare* variedad perlada (Pisces:Cichlidae). Ciencia Y Mar.4:3-9
- Luna-Figuerora J. (2003) *Pterophyllum scalare* (Pisces: Cichlidae): Influencia de alimento vivo em la reproduccion y el crecimiento. Disponivel em:Acesso em 12/08/05
- Luquet P., Watanabe T. (1986) Interaction «nutrition-reproduction» in fish. Fish Physiology. Biochemistry, 2:121-129
- MacKinnon A.D., Duggan S., Nichols P.D., Rimmer M.A., Semmers G., Robino B. (2003). The potential of tropical paracalanid copepods as live feeds in Aquaculture, Aquaculture 223(1-4):89-106

Monteiro-Neto C., De Andrade Cunha E.F., Carvalho-Nottingham M., Araújo M.E., Rosa I.L., Leite Barros G.M. (2003) Analysis of the marine ornamental fish trade at Ceará State, northeast Brazil. *Biodiversity and Conservation*, 12(6):1287-1295

Moyle P.B., Cech J.Jr. (2000) Form and movement. In: *Fishes an introduction to ichthyology*. 4th ed., Prentice Hall, London pp:612

Munro A.D., Scott A.P., Lam T.J. (1990) Reproductive seasonality in teleosts: environmental influences. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp 254

Nakazawa T., Yamamura N., (2009) Theoretical Considerations for the Maintenance of Interspecific Brood Care by a Nicaraguan Cichlid Fish: Behavioral Plasticity and Spatial Structure *J. Ethol*, 27(1):67–73

National Research Council (1993) Nutrient requirements of fish. National Research Council of the United States, Committee on Animal Nutrition, Publ. National Academy Press, Washington D.C

Olivier K. (2003) World trade in ornamental species. *Marine Ornamental Species Collection, Culture and Conservation*. In: J. Cato and C. Brown (eds). Iowa State Press, pp 49-63

Ortega-Salas A.A., Cortez I., Bustamante H.R. (2009) Fecundity, growth and survival of the angelfish *Pterophyllum scalare* (Perciformes: Cichlidae) under laboratory conditions. *Revista de Biología Tropical*, 57:741-747

Patino R., Thomas P. (1990) Effect of gonadotripin on ovarian intrafollicular processes during the development of oocytes maturational competence in Teleosts, the Atlantic croaker : evidence for two distinct stages of gonadotropic control of final oocytes maturation. *Biology. Reproduction*, 43 :818-827

Paugy D. (2002) Reproductive strategies of fishes in a tropical temporary stream of the Upper Senegal basin: Baoulé River in Mali *Aquat. Living Resour*, 15:25–35

Perez E., Diaz F., Espina S. (2003) Thermoregulatory behavior and critical thermal limits of the angelfish, *Pterophyllum scalare*, (Lichtenstein) (Pisces:Cichlidae). *Journal of thermobiology*, 28:521-537

Raja J.(2009) Temporal costs of feeding and predation time in *Betta splendens* (Regan) in the Relation to Body Weight feed type and sex. *Tropical Life Sciences Research*, 20 (1), 7-16

Ricker W.E. (1979) Growth rates and models. *Fish physiology*, Vol.VIII, Bionergetics and growth. In: W.S.Hoar., D.J.Randall., J.R. Brett., (eds). Academic Press, New York, USA, pp.599-675

Sandford G. (2004) *The Tropical Aquarium*. Mini encyclopedia. Publishing by Interpet Publishing Vincent Lane, Dorking, Surrey, RH4 3YX, England, pp 208

- Saunders R.L.(1983) Development of atherosclerotic lesions in coronary arteries of Atlantic salmon during sexual maturation. In: Abstr. Intl. Symp. Salmonid Reprod, Seattle, WA, p 15
- Scott A.P.,Sheldrick L.E., Flint A.P.F., (1982) Measurement of 17 α , 20 β -dihydroxy-4-pregnen-3-one in plasma of trout (*Salmo gairdneri* Richardson): seasonal changes and response to salmon pituitary extract. Gen. Comp.Endocrinol, 46:444-451
- Scott W.P. (1988) A Fishkeeper's Guide to Livebearing Fishes. Editor Roger G., Published by Tetra Press. Salamander Books Ltd.United States, pp 117
- Smith C., Wootton J.R., (1993) Experimental analysis of some factors affecting parental expenditure in *Cichlasoma nigrofasciatum* (Cichlidae)
- Smith-Grayton P., Keenleyside M.H.A. (1978) Male – Female parental roles in the *Herotilapia multispinosa* (Pisces:Cichlidae), Animal Behaviour, 26(5): 20-526
- Soriano-Salazar M.B., Hernandez-Ocampo D. (2002) Tasa de crecimiento del pez angel *Pterophyllum scalare* en condiciones de laboratorio. Acta Univers, 12(2):28-33
- Spotte S. (1992) Captive Seawater Fishes. John Wiley & Sons, New York, pp 94
- Suzuki K.,Tamaoki B., NagahamaY. (1981) In-vitro synthesis on an inducer for germinal vesicle breakdown offish oocytes, 17 α - 20 β -dihydroxy-4-pregnen-3-one by ovary tissue preparation of amago salmon (*Oncorhynchus rhodurus*). Gen. Comp.Endocrinol, 45:533-535
- Swann LD. (1992) Reproductive of Angelfish (*Pterophyllum scalare*). Aquaculture extension, Illinois-Indiana Sea Grant Programm, Fact Sheet AS-489:1-5
- Tamaru S.C., Ako H. (2000) Using Commercial feeds for the culture of Fresh water ornamental fishes in Hawaii. UJNR Technical Report No 28.United States Department of Agriculture, Center for Tropical and Subtropical Aquaculture: Project «Expansion and Diversification of Freshwater Tropical Fish Culture –Year 3» Contract No 97-105, Grant No.97-38500-4042
- Timms A. M., Keenleyside M. H. A. (1975) The reproductive behaviour of *Aequidens paraguayensis* (Pisces:Cichlidae). Z. Tierpsychol, 39:8-23
- Verreth J., Den Bieman H. (1987) Quantitative feed requirements of African catfish (*Clarias gariepinus* Burchell) larvae fed with decapsulated cysts of Artemia. I. The effect of temperature and feeding level. Aquaculture, 63:251-267
- Vlachos N., Mente E., Hotos G.N., Kormas K., Tzoganis C., Psafakis P., Neofitou C. (2008) Commercial production of *Pterophyllum scalare* (Cn: angelfish, Pisces Cichlidae) in aquarium. 4th International Congress on Aquaculture, Fisheries Technology and Environmental Management, Athens, Greece, November 21-22
- Vlachos N., Mente E., Hotos G.N., Kormas K., Tzoganis C., Psafakis P., Neofitou C. (2008) Effect of food supply on the growth rate of angelfish, *Pterophyllum scalare*

(Pisces Cichlidae) in aquarium. 4th International Congress on Aquaculture, Fisheries Technology and Environmental Management, Athens, Greece, November 21-22

Vlahos N., Hotos G., Kapetanios N. (2004) The effect of temperature on the conditioning of the filter bed in aquaria. 2nd International Congress on Aquaculture, Fisheries Technology and Environmental Management. Athens 18-19 June 2004

Wabnitz C., Taylor M. (2003) From ocean to aquarium, The global trade in marine ornamental species, UNER, U.K, pp 6.

Wilson R.P. (2002) Amino acids and Proteins. In: Halver, J.E and Hardy, R.W (eds). Fish nutrition. 3ed. Orlando: Academic Press, 2002, pp 144-179

Winemiller K.O. (1989) Patterns of variation in life history among South American fishes in seasonal environments. *Oecologia* 81:225–241.

Yanong P.E.R. (1996) Reproductive management of fresh water Ornamental fish Seminars in Avian and Exotic pet medicine, 5(4):222-235

Yurkowski M., Tabachek J.L. (1979) Proximate and amino acid composition of some natural fish foods. Proceedings of the World Symposium on Finfish Nutrition and Fish. Feed Technology, Hamburg, 2: 435-449

Zar J.H. (1996) Biostatistical analysis, 3rd edition. Prentice-Hall, Englewood Cliffs N.J 3:167-186

Zohar Y., Breton, B., Fostier A. (1982) Gonadotropin function during the reproductive cycle of the female rainbow trout, *Salmo gairdneri*, in relation to steroid secretion: in vivo and in-vitro studies. *Proc. Int. Symp. on Reproductive Physiology of Fish Pudoc*. In: H.J. Th. Goos, J.J. Richter, (eds.), Wageningen

Zoran J.M., Ward A.J. (1983) Parental care behavior and fanning activity for the orange chromide, *Etropus maculatus*. *Environmental Biology Fish*, 8(3-4):301-310

Zuanon J.A.S., Salaro A.L., Balbino E.M., Saaiva A., Quadros M., Fontanari, R.M. (2006) De proteína bruta em dietas para alevinos de acara bandeira. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 35(5):1893-1896

II. Ελληνική Βιβλιογραφία

Βλάχος Ν. (2004) Ενυδρεία, Εργαστηριακές Σημειώσεις, 1^η έκδοση, In: Εκδόσεις Τ.Ε.Ι. Μεσολογίου, σελ 135

Βλάχος Ν.Γ., Χώτος Γ., Βλάχος Μ., Ξενογιαννη Χ. (2000) Παραγωγή μικρής κλίμακας γόνου τροπικών και διακοσμητικών ψαριών. 9^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, Πρακτικά συνεδρίου, τόμος Ι: 207-210. Μεσολόγγι, 2000

Βλάχος Ν. (2008) Καλλιέργειες Διακοσμητικών ψαριών, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις, Εκτύπωση Τ.Ε.Ι. Μεσολογίου, σελ 351

Maitre-Allain T, Piednoir C. (2009) Ο πλήρης Οδηγός για το Τροπικό και Θαλασσινό Ενυδρείο, Εκδόσεις Καρακατσώγλου, Αθήνα, σελ 281

Παπουτσόγλου Σ.Ε. (2008). Διατροφή Ιχθύων. Εκδόσεις Αθ. Σταμούλης, Αθήνα, σελ 127

Verhoef-Verhallen E.(2003). Εγκυκλοπαίδεια του Ενυδρείου, Εκδόσεις Καρακατσώγλου σελ 255

Χώτος Γ. (2006) Καλλιέργειες σε ανακυκλούμενα νερά, 1^η έκδοση, In: Εκδόσεις Τ.Ε.Ι. Μεσολογίου, σελ 315

Χώτος Γ., Βλάχος Γ.Ν. (2004) Μελέτη του ρυθμού αύξησης και των συνθηκών αναπαραγωγής των εμπορικών διακοσμητικών ψαριών σε ενυδρεία. Τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος, 1^η έκδοση., Τ.Ε.Ι. Μεσολογίου σελ 115-118

III. Διαδικτυακή βιβλιογραφία

www.aquamedic.de

www.fishbase.org

Abstract

Freshwater ornamental aquaculture is becoming an economically viable activity due to the growth in the marine aquarium trade. Research on the reproduction and growth of the tropical ornamental species is in its early stages. The aim of this research is to examine the effect of feeding rate level on growth and survival rate on cichlid *Pterophyllum scalare*. The growth experiments were carried out at the Department of Ichthyology and Aquatic Environment, University of Thessaly, in Greece. Thirty six juveniles *Pterophyllum scalare* average body weight $1,44 \pm 0,28$ g and length $3,26 \pm 0,38$ cm were kept individually in nine compartments and distributed into four 125L aquarium tanks. The duration of the experiment was 36 days. Every fifteen days the weights and lengths of the individuals were measured. The animals were divided into two dietary groups of 18 individuals in each group. They were fed the experimental diet (flakes, frozen and a mixture of the above) at a ratio of 4% of their body weight and 10% of their body weight, three times per day. Performance indicators such as feed intake, specific growth rate and tissue protein were examined. The survival rate was 100%. The average daily food consumption was calculated at $0,012 \pm 0,01$ g when they fed a ration of 4% of their body weight and $0,055 \pm 0,02$ g when they fed a ration of 10% of their body weight. The weight gain (WG, g) and the specific growth rate (SGR, %/day), was statistically higher for fish fed on 10% of their body weight per day (t-test, $P < 0.05$). The food conversion ratio (FCR) was higher in the group fed 10% of their body weight but the feed efficiency (FE) was similar for the two feeding rations. A variation in daily consumption between individual angelfish (inter-individual variability) was recorded. Further research is needed to formulate diets that fulfill the nutritional requirements of growing species under laboratory conditions and to allow commercial scale culture protocols to be established.

Key words: *Pterophyllum scalare*, nutrition, food level, food consumption, specific growth rate.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Ημέρες	Διαλυμένο O ₂ (mg/L)		pH		T.A.N (NH ₄ +NH ₃ ⁻), (mg/L)		NH ₃ ⁻ (μη ιονισμένη αμμωνία) (mg/L)*		NH ₄ (ιονισμένη αμμωνία) (mg/L)**		NO ₂ ⁻ (mg/L)		NO ₃ ⁻ (mg/L)		PO ₄ ⁻ (mg/L)		Θερμοκρασία (°C)	
	4%	10%	4%	10%	4 %	10%	4 %	10%	4 %	10%	4 %	10%	4%	10%	4%	10 %	4%	10%
1	8,190	8,210	7,6	7,4	0	0,100	0	0,002	0	0,11	0	0,02	0	0	0	0	8	29
2	8,200	8,190	7,8	7,3	0	0,100	0	0,002	0	0,11	0	0,02	0	0	0	0	9	29
3	8,200	8,240	7,5	7,4	0	0,100	0	0,002	0	0,11	0	0,02	0	0	0	0	9	29
4	8,190	8,210	7,3	7,2	0	0,100	0	0,002	0	0,11	0	0,02	0	0	0	0	9	29
5	8,180	8,220	7,4	7,4	0	0,100	0	0,002	0	0,11	0	0,02	5,5	15,7	0	0	9	29
6	8,180	8,210	7,4	7,4	0	0,100	0	0,002	0	0,11	0	0,02	18,9	30,8	0	0	9	29
7	8,180	8,210	7,4	7,1	0	0,100	0	0,002	0	0,11	0	0,02	25,7	30,9	0	0	9	29
8	8,190	8,220	7,4	7,1	0	0,120	0	0,002	0	0,11	0	0,02	25,9	30,6	0	0	9	29
9	8,190	8,220	7,4	7,3	0	0,110	0	0,002	0	0,11	0	0,02	25,8	28,5	0	0	9	29
10	8,190	8,220	7,4	7,3	0	0,110	0	0,002	0	0,11	0	0,02	27,6	30,6	0	0	9	29
11	8,190	8,230	7,4	7,2	0	0,110	0	0,002	0	0,11	0	0,02	30,6	37,4	0	0	9	29
12	8,190	8,210	7,4	7,1	0	0,110	0	0,002	0	0,11	0	0,02	30,6	30,6	0	0	9	29
13	8,190	8,210	7,4	7,1	0	0,110	0	0,002	0	0,11	0	0,02	33,5	30,8	0	0	9	29

14	8,190	8,200	7,4	7,2	0	0,110	0	0,002	0	0,11	0	0,02	38,6	29,9	0	0	29	29
15	8,180	8,200	7,4	7,2	0	0,110	0	0,002	0	0,11	0	0,02	40,6	30,4	0	0	29	29
MO ±TA	8,189± 0,06	8,213± 0,12	7,440± 0,118	7,247± 0,119	0	0,106± 0,06	0	0,002±0	0	0,11±0	0	0,020±0	23,220± 14,992	21,747± 17,251	0	0	28,933± 0,258	8,933± 0,258

* Η μη ιονισμένη αμμωνία, σύμφωνα με το Χώτο (2008), υπολογίστηκε από τη σχέση **Μη Ιονισμένη αμμωνία** = T.A.N – Ιονισμένη αμμωνία

** Η ιονισμένη αμμωνία, σύμφωνα με το Χώτο (2008), υπολογίστηκε από την σχέση **Ιονισμένη αμμωνία** = α*T.A.N.

(όπου α: γραμμομοριακό κλάσμα διάσπασης της αμμωνίας και υπολογίζεται από πίνακες σε συνάρτηση με το pH και τη θερμοκρασία).